# Handbuch der

## ➤ Gewindetechnik

## ➤ und Frästechnik

➤ *Anwendungen · Tipps · Tabellen*







EMUGE FRANKEN

*inklusive*

*Elektronischer Katalog*
*Tool Finder 2.3*



EMUGE-FRANKEN

# Handbuch der Gewindetechnik und Frästechnik

*Anwendungen · Tipps · Tabellen*

# Handbuch der Gewindetechnik und Frästechnik

*Anwendungen · Tipps · Tabellen*

herausgegeben von
EMUGE-FRANKEN

EMUGE-Werk Richard Glimpel GmbH & Co. KG
Fabrik für Präzisionswerkzeuge
Nürnberger Straße 96-100 · 91207 Lauf · GERMANY
Telefon (0 91 23) 1 86-0 · Telefax (0 91 23) 1 43 13

FRANKEN GmbH & Co. KG
Fabrik für Präzisionswerkzeuge
Frankenstraße 7/9a · 90607 Rückersdorf · GERMANY
Telefon (09 11) 95 75-5 · Telefax (09 11) 95 75-327

*info@emuge-franken.com*
*www.emuge-franken.com*

Publicis Corporate Publishing

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.ddb.de abrufbar.

EMUGE-FRANKEN hat alle Texte in diesem Buch mit großer Sorgfalt erarbeitet.
Dennoch können Fehler nicht ausgeschlossen werden. Eine Haftung des
Herausgebers oder des Verlags, gleich aus welchem Rechtsgrund, ist ausgeschlossen.
Die in diesem Buch wiedergegebenen Bezeichnungen können Warenzeichen sein,
deren Benutzung durch Dritte für deren Zwecke die Rechte der Inhaber verletzen kann.

http://www.emuge-franken.com
http://www.publicis-erlangen.com

ISBN 3-89578-232-7

Herausgeber: EMUGE-FRANKEN
Verlag: Publicis Corporate Publishing, Publicis Kommunikations Agentur GmbH, GWA, Erlangen
© 2004 by EMUGE-FRANKEN, Lauf/Rückersdorf
Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb
der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar.
Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Bearbeitungen sonstiger
Art sowie für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen. Dies gilt auch für die
Entnahme von einzelnen Abbildungen und bei auszugsweiser Verwendung von Texten.

Wir danken den Firmen Balzers (LI), Böhler Edelstahl (AT), Arno Friedrichs Hartmetall (DE), Eifeler (DE), CemeCon (DE)
und Platit/Blösch (CH) für die zur Verfügung gestellten Unterlagen.

DIN-Normen wiedergegeben mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
Maßgebend für das Anwenden der Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum,
die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.

Printed in Germany

# Vorwort

Seit es Leben gibt, wandeln sich Formen und Strukturen, werden komplexer, effektiver. Das gilt natürlich auch für die Technik. Technischer Fortschritt schafft Zufriedenheit, Wohlstand, Komfort und Sicherheit. Voraussetzung dafür sind Produktionseinrichtungen, die – insbesondere in der Serienfertigung – Produkte entstehen lassen, welche eine breite Anwendung finden und somit einer großen Zahl von Anwendern preiswert von Nutzen sind.

Die meisten technologischen Errungenschaften konnten nur realisiert werden, weil Produktionseinrichtungen wie Werkzeugmaschinen und Präzisionswerkzeuge ständig auf die immer anspruchsvolleren Bedürfnisse optimiert wurden.

EMUGE-FRANKEN, einer der führenden Hersteller von Präzisionswerkzeugen, hat sich in der über 80jährigen Firmengeschichte mit Kompetenz und Sachverstand wesentlich an diesen Prozessen beteiligt. Eines unserer wichtigsten Anliegen ist es, dieses Wissen einem breiten Publikum zur Verfügung zu stellen. Aus dieser Grundhaltung heraus ist das vorliegende Handbuch entstanden.

Das Handbuch der Gewindetechnik und Frästechnik von EMUGE-FRANKEN beinhaltet alle wesentlichen Informationen, um in der Gewinde-, Prüf-, Fräs- und Spanntechnik den wirtschaftlichen Einsatz von Präzisionswerkzeugen sicherzustellen. Dabei werden die Werkzeuge und deren Einsatz werkstoff- und werkstückspezifisch behandelt. Eine umfangreiche Dokumentation bezüglich DIN-Normen ist Bestandteil dieses Nachschlagwerkes, welches wir als wichtige Ergänzung zu unseren Produktinformationen sehen.

Wir haben uns bemüht, ein Standardwerk zusammenzutragen, das dem Anwender in der täglichen Praxis von Nutzen ist.

Dipl.-Ing. Helmut Glimpel
Geschäftsleitung EMUGE-FRANKEN

# Inhaltsverzeichnis


Seite

**1 Allgemeines . . . . . 19**

1.1 Allgemeine Einsatzdaten-Berechnung . . . . . 20

1.2 Umrechnungen von angelsächsischen Einheiten in das SI-System . . . . . 22

1.3 Berechnung von Schnittkraft, Drehmoment und Leistung . . . . . 23

1.3.1 Einleitung der Werkstoffe – spezifische Schnittkraft – Spanungsdicke . . . . . 26

1.4 Oberflächenveredelung . . . . . 30

1.4.1 Allgemein . . . . . 30

1.4.2 Hartstoff- und Gleitbeschichtungen . . . . . 30

1.5 Zerspanung und Spanformen . . . . . 31

1.6 Standzeitverhalten und Standvermögen . . . . . 33

1.7 Verhältnis Drallsteigung - Drallwinkel . . . . . 35

1.8 Härtevergleichstabelle DIN EN ISO 18265 . . . . . 36

**2 Schaftformen für Werkzeuge . . . . . 39**

2.1 Schäfte und Vierkante für Gewindewerkzeuge . . . . . 40

2.1.1 DIN 10 Vierkante von Zylinderschäften für rotierende Werkzeuge . . . . 40

2.1.2 ISO 237 Schaftdurchmesser und Vierkante für rotierende Werkzeuge mit Zylinderschaft . . . . . 41

2.1.3 ASME B94.9 Schaftdurchmesser und Vierkante für Gewindewerkzeuge nach US-Norm . . . . . 42

2.2 Übersicht Zylinderschäfte für Bohr- und Fräswerkzeuge . . . . . 43

2.2.1 DIN 1835-1 Zylinderschäfte für Fräser aus Schnellarbeitsstahl . . . . . 44

2.2.2 DIN 6535 Zylinderschäfte für Spiralbohrer und Fräser aus Hartmetall . . . . 46

2.2.3 ASME B94.19 Zylinderschäfte für Fräser, nach US-Norm . . . . . 47

2.3 Übersicht Morsekegelschäfte und Stellhülsenschäfte . . . . . 48

2.3.1 DIN 228-1 Morsekegel . . . . . 50

2.3.2 DIN 2207 Werkzeugschäfte für Frässpindelköpfe nach DIN 2201 . . . . . 51

2.3.3 ASME B5.10 Selbsthemmender Kegelschaft mit Austreiblappen, nach US-Norm . . . . . 52

2.3.4 DIN 6327-1 Stellhülsen mit Werkzeugkegel . . . . . 53

2.3.5 ASME B5.11 Stellhülsenschäfte mit Werkzeugkegel, nach US-Norm . . . . . 54

2.3.6 DIN 69880-1 (VDI 3425) Werkzeughalter mit Zylinderschaft . . . . . 55

2.4 Übersicht Steilkegelschäfte . . . . . 56

2.4.1 DIN 2080-1 Steilkegelschäfte . . . . . 58

2.4.2 ANSI B5.18 Steilkegelschäfte, nach US-Norm . . . . . 59

2.4.3 DIN 69871-1 Steilkegelschäfte für automatischen Werkzeugwechsel . . . . . 60

2.4.4 ASME B5.50 Steilkegelschäfte für automatischen Werkzeugwechsel, nach US-Norm . . . . . 62

2.4.5 JIS B 6339 Steilkegelschäfte für automatischen Werkzeugwechsel, nach japanischer Norm . . . . . 63

# Inhaltsverzeichnis

Seite


2.5 Übersicht Kegel-Hohlschäfte mit Plananlage (HSK) . . . . . 64
2.5.1 DIN 69893-1 Kegel-Hohlschäfte mit Plananlage, Standardausführung . . . . . 66
2.5.2 DIN 69893-2 Kegel-Hohlschäfte mit Plananlage und Kühlschmierstoffzuführung über den Bund . . . . . 70
2.5.3 DIN 69893-6 Kegel-Hohlschäfte mit Plananlage . . . . . 73
2.5.4 DIN 69893-5 Kegel-Hohlschäfte mit Plananlage, für Hochgeschwindigkeitsbearbeitung . . . . . 75

**3 Schnellarbeitsstahl . . . . . 77**

3.1 Einleitung . . . . . 78
3.2 Welche Anforderungen werden an die Werkzeug-Werkstoffe für Zerspanungswerkzeuge gestellt? . . . . . 78
3.2.1 Plastische Verformung . . . . . 78
3.2.2 Zähigkeit . . . . . 78
3.2.3 Verschleißverhalten . . . . . 78
3.3 Historische Entwicklung und Legierungselemente der Schnellarbeitsstähle . . . . . 79
3.3.1 Chrom-Einfluss . . . . . 79
3.3.2 Wolfram-Einfluss . . . . . 79
3.3.3 Der erste Schnellarbeitsstahl . . . . . 80
3.3.4 Kobalt-Einfluss . . . . . 80
3.3.5 Vanadin-Einfluss . . . . . 82
3.3.6 Einflüsse der Legierungselemente . . . . . 82
3.3.7 Weitere Legierungsvarianten . . . . . 83
3.3.8 Grundlegierungen heutiger Schnellarbeitsstähle . . . . . 83
3.3.9 Übersicht über den Einfluss der Legierungselemente auf die Schnellarbeitsstähle . . . . . 83
3.4 Einflüsse der Wärmebehandlung . . . . . 84
3.5 Einflüsse der Stahlherstellungsverfahren auf Gefüge und Eigenschaften . . . . . 85
3.5.1 Schmelzmetallurgische Herstellung . . . . . 86
3.5.2 Pulvermetallurgische Herstellung . . . . . 88
3.5.3 Schleifbarkeit und Verschleißbeständigkeit von PM-Material . . . . . 91
3.6 Ausblick . . . . . 92
3.7 Eingeführte gebräuchliche SchnellarbeitsstahlLegierungen und deren Anwendungen . . . 92

**4 Hartmetall . . . . . 95**

4.1 Hartmetall als Schneidstoff . . . . . 96
4.1.1 Geschichtliche Entwicklung . . . . . 96
4.1.2 Hartmetall im Vergleich zu anderen Schneidstoffen . . . . . 97
4.2 Hartmetall-Rohstoffe . . . . . 99
4.2.1 Wolfram . . . . . 99
4.2.2 Kobalt . . . . . 99

# Inhaltsverzeichnis

Seite


4.3 Hartmetallherstellung . . . 100
4.3.1 Pulveraufbereitung . . . 100
4.3.2 Formgebung . . . 100
4.3.3 Sintern . . . 101
4.4 Beurteilung und Klassifizierung von Hartmetallen . . . 102
4.4.1 Beurteilung von Hartmetallen . . . 102
4.4.2 Klassifizierung von Hartmetallen . . . 103
4.5 Eigenschaften von Hartmetallen . . . 106
4.6 Fachliteratur . . . 107

**5 Verschleißschutz- und Gleitschichten . . . 109**

5.1 Einleitung . . . 110
5.2 Herstellung und Hauptmerkmale . . . 110
5.3 Kennwerte und Eigenschaften gängiger Schichten . . . 112
5.3.1 Titannitrid-Schichten (TiN) . . . 113
5.3.2 Titan-Carbonitrid-Schichten (TiCN) . . . 115
5.3.3 Titan-Aluminiumnitrid-Schichten (TiAlN) . . . 117
5.3.4 Gleitschichten ($MoS_2$, C-amorph, DLC, WC/C) . . . 120
5.3.5 Hartstoffschichten mit Gleit-Deckschicht . . . 122
5.3.6 Chromnitrid- und Titandiborid-Schichten (CrN und $TiB_2$) . . . 123
5.3.7 Diamantschichten . . . 124
5.3.8 Ausblick . . . 127
5.4 Allgemeine Anwendungshinweise . . . 128
5.5 Messverfahren zur Bewertung von Schichten . . . 132
5.5.1 Schichtdicke . . . 132
5.5.2 Schichthärte . . . 133
5.5.3 Schichthaftung . . . 134
5.5.4 Weitere Mess- und Prüfverfahren . . . 134
5.6 Verfahrens- und Anlagentechnik . . . 135
5.6.1 PVD-Beschichtungsverfahren . . . 135
5.6.2 CVD-Beschichtungsverfahren . . . 140
5.6.3 Entschichten und Wiederbeschichten . . . 141
5.7 Fachliteratur . . . 141

**6 Kühlschmierstoffe . . . 143**

6.1 Anforderungen an Kühlschmierstoffe . . . 144
6.2 Bezeichnung von Kühlschmierstoffen . . . 145
6.3 Zusammensetzung von Kühlschmierstoffen . . . 145
6.3.1 Zusammensetzung von nichtwassermischbaren Kühlschmierstoffen . . . 145
6.3.2 Zusammensetzung von wassermischbaren Kühlschmierstoffen . . . 146
6.3.3 Hochdruckzusätze (EP-Additive) . . . 146

# Inhaltsverzeichnis

Seite


6.4 Kontrolle und Pflege von Kühlschmierstoffen . . . 147
6.4.1 Konzentration . . . 147
6.4.2 pH-Wert . . . 147
6.4.3 Nitrit- und Nitratwert . . . 148
6.4.4 Keimzahl . . . 148
6.4.5 Aussehen, Geruch, Konsistenz, Fremdstoffe . . . 148

6.5 Auswirkungen von Kühlschmierstoffen auf Mensch und Umwelt . . . 149
6.5.1 Gefährdungspotential und Schutzmaßnahmen . . . 149
6.5.2 Entsorgung . . . 149

6.6 Kühlschmierstoffe im Einsatz . . . 150
6.6.1 Gewindefertigung (Gewindeschneiden/Gewindefurchen) . . . 150
6.6.2 Zerspanen von Stählen . . . 152
6.6.3 Bearbeiten von Magnesium und Titan . . . 152
6.6.4 Schleifen von Hartmetallen . . . 152

6.7 Minimalmengenschmierung und Trockenbearbeitung . . . 153
6.7.1 Minimalmengenschmierung . . . 154
6.7.2 Trockenbearbeitung – Bearbeitung mit gekühlter Druckluft . . . 158

6.8 Fachliteratur . . . 159

**7 Kernlochbohren . . . 161**

7.1 Übersicht . . . 162

7.2 Kurzbeschreibung der EMUGE-Spiralbohrer und -Stufenbohrer . . . 163

7.3 Nomenklatur . . . 166
7.3.1 Benennungen und Definitionen nach DIN ISO 5419 . . . 166
7.3.2 Technische Lieferbedingungen . . . 167
7.3.3 Baumaße . . . 168
7.3.4 Anschliff-Formen . . . 168

7.4 Bestimmung von Schnittkraft, Drehmoment und Leistung . . . 169

7.5 Richtwerte für Schnittgeschwindigkeit und Vorschub . . . 170

7.6 Fehler, Ursachen und Abhilfe . . . 178

7.7 Fachliteratur . . . 179

**8 Gewindebohren . . . 181**

8.1 Übersicht . . . 182

8.2 Programmübersicht der EMUGE-Gewindebohrer . . . 183
8.2.1 Bezeichnung der EMUGE-Gewindebohrer . . . 183
8.2.2 Kurzbeschreibung der EMUGE-Gewindebohrer . . . 187
8.2.3 Gewindebohrer-Sonderausführungen (Beispiele) . . . 249

8.3 Nomenklatur . . . 250
8.3.1 Benennungen und Definitionen am Gewindebohrer . . . 250
8.3.2 Technische Lieferbedingungen . . . 252

# Inhaltsverzeichnis

Seite


8.4 Verfahrensspezifische Hinweise . . . 255
8.4.1 Der Gewindeschneidvorgang . . . 255
8.4.2 Gewinde-Vorbohrdurchmesser . . . 256
8.4.3 Gewindeauslauf und Gewindefreistich bei Gewindegrundlöchern mit Metrischem ISO-Gewinde . . . 278
8.4.4 Bestimmung von Schnittkraft, Drehmoment und Leistung . . . 279
8.4.5 Richtwerte für Drehmomente beim Gewindeschneiden mit EMUGE-Trapez-Gewindebohrern . . . 280
8.4.6 Richtwerte für Drehmomente beim Gewindeschneiden mit EMUGE-NPT/NPTF-Gewindebohrern . . . 281
8.4.7 Programmierung der Gewindetiefe beim Schneiden von NPT/NPTF-Gewinden mit EMUGE-Gewindebohrern . . . 281

8.5 Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit . . . 282

8.6 Hinweise zur Geometrie von Gewindebohrern . . . 284
8.6.1 Anschnittformen nach DIN . . . 284
8.6.2 Drall . . . 285
8.6.3 Zentrierung . . . 285
8.6.4 Werkstoff und Härte . . . 286
8.6.5 Besondere Oberflächenbehandlung . . . 286
8.6.6 Ergänzende Hinweise zu den Anschnittformen . . . 286
8.6.7 Toleranzen des Gewindeteils von Gewindebohrern für Metrisches ISO-Gewinde . . . 288
8.6.8 Toleranzen des Gewindeteils von Gewindebohrern für Rohrgewinde . . . 292

8.7 EMUGE SELF-LOCK-Innengewinde . . . 294

8.8 Fehler, Ursachen und Abhilfe . . . 296

**9 Gewindefurchen . . . 299**

9.1 Übersicht . . . 300

9.2 Programmübersicht der EMUGE-Gewindefurcher . . . 301
9.2.1 Bezeichnung der EMUGE-Gewindefurcher . . . 301
9.2.2 Kurzbeschreibung der EMUGE-Gewindefurcher . . . 303

9.3 Nomenklatur . . . 308
9.3.1 Benennungen und Definitionen am Gewindefurcher . . . 308
9.3.2 Technische Lieferbedingungen . . . 309

9.4 Verfahrensspezifische Hinweise . . . 309
9.4.1 Der Gewindefurchvorgang . . . 309
9.4.2 Unterschied zwischen geschnittenem und gefurchtem Innengewinde . . . 310
9.4.3 Anwendungsbereich . . . 311
9.4.4 Gewinde-Vorbohrdurchmesser . . . 312
9.4.5 Einfluss des Vorbohrdurchmessers auf den Innengewinde-Kerndurchmesser . . . 318

9.5 Richtwerte für die Umfangsgeschwindigkeit . . . 320

9.6 Hinweise zur Geometrie von Gewindefurchern . . . 322
9.6.1 Toleranzen des Gewindeteils . . . 322
9.6.2 Anfurchbereich im Vergleich zum Anschnitt beim Gewindebohrer . . . 322
9.6.3 Anfurchkegelform und Anfurchkegellänge . . . 322

9.7 Fehler, Ursachen und Abhilfe . . . 323

# Inhaltsverzeichnis

Seite


**10 Gewindefräsen . . . . . 325**

10.1 Übersicht . . . . . 326

10.2 Kurzbeschreibung der EMUGE-Gewindefräser . . . . . 327

10.3 Nomenklatur . . . . . 342
10.3.1 Begriffe und Benennungen am Gewindefräser . . . . . 342
10.3.2 Technische Lieferbedingungen . . . . . 343

10.4 Verfahrensspezifische Hinweise . . . . . 346
10.4.1 Der Gewindefräsvorgang . . . . . 346
10.4.2 Erfordernisse für das CNC-Gewindefräsen . . . . . 346
10.4.3 Grundsätzliche Fräsverfahren . . . . . 346
10.4.4 Der Gewindefräser im praktischen Einsatz . . . . . 347
10.4.5 Übersicht der Gewindefräsverfahren . . . . . 348
10.4.6 Grundlagen der CNC-Technik . . . . . 357

10.5 Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit und den Vorschub . . . . . 363

10.6 Hinweise zur Geometrie von Gewindefräsern . . . . . 365
10.6.1 Fräserprofile für Innen- und Außengewinde . . . . . 365
10.6.2 Profilkorrektur am Gewindefräser . . . . . 366
10.6.3 Gewindetiefe (Einschraubtiefe) - Tragtiefe . . . . . 367
10.6.4 Modifikationen an Gewindefräsern . . . . . 368

10.7 Fehler, Ursachen und Abhilfe . . . . . 370

**11 Schneideisen . . . . . 373**

11.1 Übersicht . . . . . 374

11.2 Programmübersicht der EMUGE-Schneideisen . . . . . 375
11.2.1 Kurzbeschreibung der EMUGE-Schneideisen . . . . . 375
11.2.2 Schneideisen-Sonderausführungen (Beispiele) . . . . . 381

11.3 Nomenklatur . . . . . 382
11.3.1 Begriffe und Definitionen am Schneideisen . . . . . 382
11.3.2 Technische Lieferbedingungen . . . . . 384

11.4 Verfahrensspezifische Hinweise . . . . . 386
11.4.1 Der Gewindeschneidvorgang . . . . . 386
11.4.2 Gewinde-Vorarbeitsdurchmesser . . . . . 387
11.4.3 Bestimmung von Schnittkraft, Drehmoment und Leistung . . . . . 396
11.4.4 Empfohlene Gewindedurchmesser für das Schneiden in einem Schnitt . . . . 397
11.4.5 Anwendung der EMUGE-DIN- und -Elastik-Schneideisen für die Toleranzfelder des Metrischen ISO-Gewindes . . . . . 397

11.5 Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit . . . . . 398

11.6 Lage der Schneideisen-Herstelltoleranz für Metrisches Gewinde . . . . . 400

11.7 EMUGE-Elastik-Schneideisen . . . . . 401
11.7.1 Allgemeines . . . . . 401
11.7.2 Montage und Einstellung . . . . . 401
11.7.3 Konstruktive Merkmale und Funktion . . . . . 402

11.8 Fehler, Ursachen und Abhilfe . . . . . 403

# Inhaltsverzeichnis


Seite

**12 Lehren . . . . . 405**

12.1 Allgemeines . . . . . 406

12.2 Programmübersicht der EMUGE-Gewindelehren . . . . . 407

12.2.1 Gewindelehren für Innengewinde und glatte Lehren für Gewindekerndurchmesser . . . . . 407

12.2.2 Gewindelehren für Außengewinde und glatte Lehren für Gewindeaußendurchmesser . . . . . 409

12.3 Lage der Herstelltoleranzen für den Flankendurchmesser der Gewindelehren für Metrisches ISO-Gewinde . . . . . 412

12.4 Beschreibung der glatten Lehren . . . . . 414

12.4.1 Glatte Lehren für Bohrungen . . . . . 414

12.4.2 Glatte Lehren für Wellen . . . . . 415

12.5 Lehrung von Sondergewinden . . . . . 416

12.5.1 Lehrung des amerikanischen NPT-Gewindes . . . . . 416

12.5.2 Lehrung des amerikanischen NPTF-Gewindes . . . . . 417

12.5.3 Das Lehrensystem nach ISO 7-2:2000 und EN 10226-3 . . . . . 418

12.5.4 Lehrung des EMUGE-SELF-LOCK-Gewindes . . . . . 422

**13 Gewindewalzen . . . . . 423**

13.1 Übersicht . . . . . 424

13.2 Kurzbeschreibung der EMUGE-Walzrollen . . . . . 425

13.2.1 Einstechverfahren . . . . . 425

13.2.2 Automatisches Walzen auf Auflagelineal . . . . . 425

13.2.3 Automatisches Walzen im Rundlineal . . . . . 426

13.2.4 Automatisches Walzen mit Innensegment . . . . . 426

13.2.5 Durchlaufverfahren mit korrigierten Steigungsrollen . . . . . 427

13.2.6 Durchlaufverfahren mit teilkorrigierten Steigungsrollen . . . . . 428

13.2.7 Durchlaufverfahren mit steigungslosen Rillenrollen . . . . . 429

13.2.8 Profilwalzen mit Verzahnungswalzen . . . . . 430

13.2.9 Pendelwalzverfahren . . . . . 430

13.2.10 Profilwalzen mit Axial-Rollkopf . . . . . 431

13.2.11 Profilwalzen mit Tangential-Rollkopf . . . . . 431

13.2.12 Profilwalzen mit Radial-Rollkopf . . . . . 432

13.3 Nomenklatur . . . . . 433

13.3.1 Benennungen und Definitionen an Walzrollen . . . . . 433

13.3.2 Technische Lieferbedingungen . . . . . 433

13.4 Verfahrensspezifische Hinweise . . . . . 435

13.4.1 Der Gewindewalzvorgang . . . . . 435

13.4.2 Anwendungsbereich . . . . . 435

13.4.3 Vorarbeit der Rohlinge . . . . . 439

# Inhaltsverzeichnis

Seite


13.5 Hinweise zur Geometrie von Walzrollen . . . . . 443
13.5.1 Bestimmung des Walzrollen-Außendurchmessers . . . . . 443
13.5.2 Anfasung und Verrundung der Gewindeeinläufe von Walzwerkzeugen . . . . . 443
13.5.3 Rollen von Gewinden im Durchlaufverfahren . . . . . 444
13.5.4 Rollen von Schnecken und ähnlichen Profilen . . . . . 444
13.5.5 Rollen von Gewinden auf Hohlkörper . . . . . 445
13.5.6 Gleichzeitiges Rollen von zwei verschiedenen Gewinden an einem Werkstück . . . . . 445
13.5.7 Rollen von konischen Gewinden . . . . . 446
13.5.8 Prägepolieren und Glätten mit Gewinderollmaschinen . . . . . 447
13.6 Fehler, Ursachen und Abhilfe . . . . . 447

**14 Messen von Gewinden . . . . . 449**

14.1 Messen von Gewinden und Gewindelehren . . . . . 450
14.1.1 Messunsicherheit . . . . . 450
14.1.2 Flankendurchmesser am Außengewinde (Drei-Draht-Methode) . . . . . 454
14.1.3 Flankendurchmesser am Innengewinde (Drei-Punkt-Methode) . . . . . 456
14.2 Messen von Gewindeschneidwerkzeugen . . . . . 458
14.2.1 Definition von Messstellen am Gewindewerkzeug . . . . . 458
14.2.2 Anschnitt messen . . . . . 459
14.2.3 Spanwinkel messen . . . . . 460
14.2.4 Messen der Durchmesser am Gewindebohrer . . . . . 463
14.3 Normen- und Literaturverweise . . . . . 466

**15 Gewindetabellen . . . . . 468**

15.1 Allgemeines zu Gewinden . . . . . 470
15.1.1 Wichtige Begriffe an Gewinden . . . . . 470
15.1.2 Gewindeübersicht nach DIN-Normen . . . . . 476
15.1.3 Gewindeübersicht nach ausländischen Normen . . . . . 481
15.2 Metrisches ISO-Gewinde . . . . . 484
15.2.1 Grundlagen . . . . . 484
15.2.2 Toleranzen . . . . . 487
15.2.3 Grenzmaße . . . . . 496
15.3 Metrisches DIN-Gewinde (veraltet) . . . . . 519
15.4 Rohrgewinde für nicht im Gewinde dichtende Verbindungen, DIN EN ISO 228 . . . . . 520
15.5 Rohrgewinde für Gewinderohre und Fittings, DIN EN 10226-1 . . . . . 522
15.6 Rohrgewinde für im Gewinde dichtende Verbindungen, ISO 7 . . . . . 525
15.7 Stahlpanzerrohr-Gewinde, DIN 40430 . . . . . 527
15.8 Metrisches Gewinde für Kabelverschraubungen, DIN EN 60423 . . . . . 528
15.9 Metrisches ISO-Gewinde für Gewindedrahteinsätze, DIN 8140 . . . . . 528
15.10 Amerikanisches Unified-Gewinde für Gewindedrahteinsätze, ASME B18.29.1 und BS 3409 . . . . . 530

# Inhaltsverzeichnis

Seite


15.11 MJ-Gewinde für die Luft- und Raumfahrt, DIN ISO 5855 . . . 532

15.12 Amerikanisches UNJ-Gewinde, ASME B1.15 und ISO 3161 . . . 534

15.13 Metrisches kegeliges Außengewinde mit zugehörigem zylindrischen Innengewinde, DIN 158 . . . 536

15.14 Metrisches ISO-Trapezgewinde, DIN 103 . . . 539

15.15 Rundgewinde, DIN 405 . . . 544

15.16 Metrisches Sägengewinde, DIN 513 . . . 547

15.17 Whitworth-Gewinde, BS 84 . . . 550

15.17.1 Whitworth-Gewinde BSW . . . 550
15.17.2 Whitworth-Feingewinde BSF . . . 552

15.18 Amerikanisches Unified-Gewinde, ASME B1.1 . . . 554

15.18.1 Amerikanisches Unified-Grobgewinde UNC . . . 554
15.18.2 Amerikanisches Unified-Feingewinde UNF . . . 556
15.18.3 Amerikanisches Unified-Extra-Feingewinde UNEF . . . 558
15.18.4 Gewindereihen . . . 560

15.19 Amerikanisches zylindrisches Rohrgewinde NPSM, ANSI/ASME B1.20.1 . . . 561

15.20 Amerikanisches zylindrisches Rohrgewinde NPSC, ANSI/ASME B1.20.1 . . . 562

15.21 Amerikanische kegelige Rohrgewinde NPT und NPTF, ANSI/ASME B1.20.1 und ANSI B1.20.3 . . . 562

15.22 Amerikanisches zylindrisches Rohrgewinde NPSF, ANSI B1.20.3 . . . 565

15.23 Britisches Association-Gewinde BA, BS 93 . . . 566

**16 Prüfmittelüberwachung . . . 567**

16.1 Übersicht . . . 568

16.1.1 Begriffsdefinitionen . . . 568
16.1.2 Normenverweise . . . 568

16.2 Prüfmittelmanagement . . . 569

16.3 Rückführbarkeit von Prüfergebnissen . . . 570

16.3.1 National . . . 570
16.3.2 International . . . 571

**17 Nachschleifen von Werkzeugen . . . 573**

17.1 Nachschleifen von Gewindebohrern . . . 574

17.1.1 Anschnittschleifen . . . 574
17.1.2 Nachschleifen der Spanfläche . . . 577
17.1.3 Schleifen des Schälanschnittes . . . 577
17.1.4 Nachschleifen von Gewindebohrern Robust 2X-VA . . . 579
17.1.5 Nachschleifgeräte und Schleifmaschinen . . . 580
17.1.6 Der Nachschleifvorgang . . . 581

# Inhaltsverzeichnis

Seite


17.2 Nachschleifen von Gewindefräsern . . . 583
17.2.1 Nachschleifen der Spanfläche . . . 583
17.2.2 Nachschleifen im Profil . . . 583
17.2.3 Nachschleifservice für Gewindefräser . . . 584

17.3 Nachschleifen von Schneideisen . . . 584
17.3.1 Nachschleifen der Spanfläche im Schälanschnitt und im Gewindeteil . . . 584
17.3.2 Messen des Spanwinkels . . . 584
17.3.3 Anschnittschleifen . . . 585
17.3.4 Schleifmittel . . . 585
17.3.5 EMUGE Elastik-Schneideisen . . . 585

17.4 Nach- und Umschleifen abgenutzter Gewindewalzrollen . . . 585

17.5 Entgraten nachgeschliffener Werkzeuge . . . 586
17.5.1 Der Entgratvorgang . . . 586
17.5.2 Weitere Entgratmöglichkeiten für nachgeschliffene Werkzeuge . . . 587

**18 Fräsen . . . 588**

18.1 Einleitung . . . 590

18.2 Einteilung von Fräswerkzeugen . . . 591

18.3 Grundlagen der Frästechnologie . . . 607
18.3.1 Stirnfräsen / Umfangsfräsen . . . 607
18.3.2 Gleichlauffräsen / Gegenlauffräsen . . . 608
18.3.3 Werkzeugabdrängung . . . 608
18.3.4 Werkzeugverschleiß . . . 609
18.3.5 Geometrie an Fräswerkzeugen . . . 611

18.4 Berechnungsgrundlagen . . . 614
18.4.1 Zustellungen . . . 614
18.4.2 Schnittgeschwindigkeit und Drehzahl . . . 615
18.4.3 Vorschub und Vorschubgeschwindigkeit . . . 616
18.4.4 Oberflächengüte und Zeilensprung . . . 617
18.4.5 Zeitspanvolumen . . . 617
18.4.6 Schnittkraft und Schnittleistung . . . 618

18.5 Moderne Frästechnologie mit Anwendungsbeispielen . . . 621
18.5.1 Trockenbearbeitung und Bearbeitung mit Minimalmengenschmierung . . . 621
18.5.2 Hartfräsen . . . 622
18.5.3 Hochleistungs- und Hochgeschwindigkeitsfräsen . . . 623
18.5.4 Frästechnologie im Formen- und Gesenkbau . . . 625
18.5.5 Bearbeitung von Aluminiumbauteilen aus der Flugzeugindustrie . . . 631
18.5.6 Bearbeitung von Turbinenteilen . . . 632
18.5.7 Kaltluftdüse . . . 636

18.6 Unwucht an Werkzeugsystemen . . . 637

# Inhaltsverzeichnis

Seite


18.7 Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit . . . 639
18.7.1 für Schaft-, Langloch-, Kugel- und Torusfräser aus Vollhartmetall . . . 640
18.7.2 für Schaftfräser aus Voll-Cermet . . . 642
18.7.3 für Schaft- und Langlochfräser aus HSS . . . 644
18.7.4 für Walzenstirnfräser aus HSS . . . 646
18.7.5 für Fräser mit runden, unbeschichteten Wendeschneidplatten . . . 648
18.7.6 für Fräser mit runden, beschichteten Wendeschneidplatten . . . 650
18.7.7 für Fräser mit rhombischen, unbeschichteten Wendeschneidplatten . . . 652
18.7.8 für Fräser mit rhombischen, beschichteten Wendeschneidplatten . . . 654
18.7.9 für Fräser mit Time-S-Cut-Wendeschneidplatten . . . 656
18.7.10 für Schaft-, Kugel- und Torusfräser mit CBN- oder PKD-Schneiden . . . 658

18.8 Richtwerte für den Vorschub pro Zahn . . . 660
18.8.1 für Schaft- und Langlochfräser aus Vollhartmetall . . . 660
18.8.2 für Kugel- und Torusfräser aus Vollhartmetall . . . 661
18.8.3 für Schaftfräser aus Voll-Cermet . . . 661
18.8.4 für Schaft- und Langlochfräser aus HSS . . . 662
18.8.5 für Walzenstirnfräser aus HSS . . . 663
18.8.6 für Fräser mit runden oder rhombischen Wendeschneidplatten . . . 664
18.8.7 für Fräser mit Time-S-Cut-Wendeschneidplatten . . . 666
18.8.8 für Schaft-, Kugel- und Torusfräser mit CBN- oder PKD-Schneiden . . . 668

18.9 Fehler, Ursachen und Abhilfe . . . 669

**19 Aufnahmen und Futter . . . 672**

19.1 Gewindeschneidfutter und Gewindeschneidapparate . . . 674
19.1.1 Allgemeines . . . 674
19.1.2 Maschinenvoraussetzungen . . . 674
19.1.3 Spindeldrehung . . . 675
19.1.4 Hochgeschwindigkeitsbearbeitung . . . 675
19.1.5 Leistungsmerkmale . . . 676
19.1.6 Schneidbereich . . . 684
19.1.7 Schaftausführungen . . . 685
19.1.8 Gewindeschneidfutter . . . 686
19.1.9 Gewindeschneidapparate . . . 701

19.2 Schnellwechseleinsätze . . . 704
19.2.1 Schneidbereich . . . 704
19.2.2 Schnellwechseleinsatztypen . . . 704
19.2.3 Spanndurchmesser . . . 713

19.3 Zubehör . . . 714
19.3.1 Schnellwechseleinsätze . . . 714
19.3.2 Adaptionsschäfte . . . 717
19.3.3 Spezial-Schaftverlängerungen für Gewindebohrer . . . 717
19.3.4 Spannzangen . . . 718
19.3.5 Spannzangen Typ PGR-(GB) . . . 718
19.3.6 Dichtscheiben . . . 719
19.3.7 Spannmuttern . . . 719
19.3.8 Kühlmittelrohre und Schlüssel für HSK-Schäfte nach DIN 69893 A . . . 721
19.3.9 Zubehör System PGR . . . 722

19.4 Infrarotüberwachungssystem IR . . . 724

# Inhaltsverzeichnis

Seite


19.5 Werkzeugaufnahmen für das Bohrern und Fräsen . . . . . 727
19.5.1 Werkzeugaufnahmen für Zylinderschäfte mit Mitnahmefläche oder Spannfläche . . . . . 727
19.5.2 Werkzeugaufnahmen für Morsekegel . . . . . 728
19.5.3 Hydrodehn- und Spannzangenfutter . . . . . 729
19.5.4 Aufsteckfräsdorne für Walzenstirnfräser und Messerköpfe . . . . . 731
19.5.5 Schrumpfaufnahmen und Schrumpfgerät . . . . . 732

**20 Werkstückspannung . . . . . 733**

20.1 Übersicht . . . . . 734

20.2 Programmübersicht EMUGE-Spannsysteme . . . . . 735
20.2.1 System SP . . . . . 735
20.2.2 System SZ . . . . . 735
20.2.3 System SG . . . . . 735
20.2.4 System SH . . . . . 736
20.2.5 System SM . . . . . 736

20.3 Systemspezifikationen . . . . . 737
20.3.1 Allgemein . . . . . 737
20.3.2 Eigenschaften der Systeme . . . . . 737
20.3.3 Spannkraftverläufe an den verschiedenen Spannsystemen . . . . . 737
20.3.4 Spanneinleitung . . . . . 738

**21 Technische Fragebögen . . . . . 739**

Technischer Fragebogen Kernlochbohren . . . . . 740

Technischer Fragebogen Gewindebohren/Gewindefurchen . . . . . 741

Technischer Fragebogen Gewindefräsen . . . . . 742

Technischer Fragebogen Schneideisen . . . . . 743

Technischer Fragebogen Walzrollen . . . . . 744

Technischer Fragebogen Fräsen . . . . . 745

Technischer Fragebogen Formen- und Gesenkbau . . . . . 746

**22 Stichwortverzeichnis . . . . . 747**

# Inhaltsverzeichnis

# Allgemeines



Seite

**1.1 Allgemeine Einsatzdaten-Berechnung . . . . . 20**

**1.2 Umrechnungen von angelsächsischen Einheiten in das SI-System . . . . . 22**

**1.3 Berechnung von Schnittkraft, Drehmoment und Leistung . . . . . 23**

1.3.1 Einleitung der Werkstoffe – spezifische Schnittkraft – Spanungsdicke . . . . . 26

**1.4 Oberflächenveredelung . . . . . 30**

1.4.1 Allgemein . . . . . 30

1.4.2 Hartstoff- und Gleitbeschichtungen . . . . . 30

**1.5 Zerspanung und Spanformen . . . . . 31**

**1.6 Standzeitverhalten und Standvermögen . . . . . 33**

**1.7 Verhältnis Drallsteigung - Drallwinkel . . . . . 35**

**1.8 Härtevergleichstabelle . . . . . 36**

# Allgemeines

## 1.1 Allgemeine Einsatzdaten-Berechnung

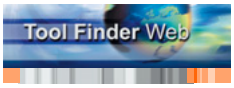
| Bezeichnung | Kurz-zeichen | Einheit | Formel | Beispiel |
|---|---|---|---|---|
| Drehzahl | n | $min^{-1}$ | | |
| Winkelgeschwindigkeit | $\omega$ | $s^{-1}$ | $\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}$ | $n = 400\ min^{-1}$<br>$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot 400}{60}$<br>$\omega = 41{,}89\ s^{-1}$ |
| Umfangsgeschwindigkeit, Schnittgeschwindigkeit | $v_c$ | m/min | $v_c = \frac{d \cdot \omega}{33{,}\overline{3}}$<br>$v_c = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{1000}$ | $n = 400\ min^{-1}$, $d = 20$ mm<br>$v_c = \frac{20 \cdot \pi \cdot 400}{1000}$<br>$v_c = 25{,}133$ m/min |
| Vorschub pro Umdrehung | f | mm | | |
| Vorschubgeschwindigkeit | $v_f$ | mm/min | $v_f = f \cdot n$ | $n = 400\ min^{-1}$<br>$f = 0{,}800$ mm<br>$v_f = 0{,}800 \cdot 400$<br>$v_f = 320$ mm/min |
| Kraft | F | N | $F = k_c \cdot A$ | |
| Drehmoment | M | Nm | $M = \frac{F \cdot d}{2000}$ | $F = 200$ N, $d = 20$ mm<br>$M = \frac{200 \cdot 20}{2000}$<br>$M = 2$ Nm |
| mechanische Arbeit | W | J | $W = F \cdot U$ | $F = 200$ N, $d = 20$ mm<br>$U = \frac{d \cdot \pi}{1000} = 0{,}063$ m<br>$W = 200 \cdot 0{,}063 = 12{,}6$ J |
| Leistung | P | W | $P = \frac{F \cdot v_c}{60}$<br>$P = M \cdot \omega$ | $F = 200$ N, $v_c = 25{,}133$ m/min<br>$P = 83{,}78$ W<br>$M = 2$ Nm, $\omega = 41{,}89\ s^{-1}$<br>$P = 83{,}78$ W |
| Wirkungsgrad | $\eta$ | – | $\eta = \frac{P_{ab}}{P_{an}}$<br>$\eta < 1$ | $P_{ab} = 58{,}65$, $P_{an} = 83{,}78$ W<br>$\eta = \frac{58{,}65}{83{,}78} = 0{,}7$ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| $\pi = 3{,}141592654$ | $1\frac{m}{s} = 60\frac{m}{min}$<br>$1/s = 60/min = 1$ Hz | $1J = 1$ Nm $= 1\frac{kg \cdot m^2}{s^2}$<br>$1W = 1\frac{J}{s} = 1\frac{Nm}{s} = 1\frac{kg \cdot m^2}{s^3}$ | 1 kW = 1,36 PS<br>1 PS = 0,736 kW |

d = Durchmesser in mm
U = Umfang (Weg) in m

siehe auch:




www.emuge-franken.com

## Drehzahl-Tabelle zur Umrechnung

| Werkzeug Ø d [mm] | Schnittgeschwindigkeit $v_c$ [m/min] | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5 | 8 | 10 | 15 | 25 | 40 | 50 | 60 | 65 | 70 | 90 | 100 | 110 | 150 |
| | Drehzahlreihe n [min$^{-1}$] | | | | | | | | | | | | | |
| 1,0 | 1592 | 2546 | 3183 | 4775 | 7958 | 12732 | 15915 | 19099 | 20690 | 22282 | 28648 | 31831 | 35014 | 47746 |
| 1,5 | 1061 | 1698 | 2122 | 3183 | 5305 | 8488 | 10610 | 12732 | 13793 | 14854 | 19099 | 21221 | 23343 | 31831 |
| 2,0 | 796 | 1273 | 1592 | 2387 | 3979 | 6366 | 7958 | 9549 | 10345 | 11141 | 14324 | 15915 | 17507 | 23873 |
| 2,5 | 637 | 1019 | 1273 | 1910 | 3183 | 5093 | 6366 | 7639 | 8276 | 8913 | 11459 | 12732 | 14006 | 19099 |
| 3,0 | 531 | 849 | 1061 | 1592 | 2653 | 4244 | 5305 | 6366 | 6897 | 7427 | 9549 | 10610 | 11671 | 15915 |
| 3,5 | 455 | 728 | 909 | 1364 | 2274 | 3638 | 4547 | 5457 | 5911 | 6366 | 8185 | 9095 | 10004 | 13642 |
| 4,0 | 398 | 637 | 796 | 1194 | 1989 | 3183 | 3979 | 4775 | 5173 | 5570 | 7162 | 7958 | 8754 | 11937 |
| 4,5 | 354 | 566 | 707 | 1061 | 1768 | 2829 | 3537 | 4244 | 4598 | 4951 | 6366 | 7074 | 7781 | 10610 |
| 5,0 | 318 | 509 | 637 | 955 | 1592 | 2546 | 3183 | 3820 | 4138 | 4456 | 5730 | 6366 | 7003 | 9549 |
| 6,0 | 265 | 424 | 531 | 796 | 1326 | 2122 | 2653 | 3183 | 3448 | 3714 | 4775 | 5305 | 5836 | 7958 |
| 7,0 | 227 | 364 | 455 | 682 | 1137 | 1819 | 2274 | 2728 | 2956 | 3183 | 4093 | 4547 | 5002 | 6821 |
| 8,0 | 199 | 318 | 398 | 597 | 955 | 1592 | 1989 | 2387 | 2586 | 2785 | 3581 | 3979 | 4377 | 5968 |
| 9,0 | 177 | 283 | 354 | 531 | 884 | 1415 | 1768 | 2122 | 2299 | 2476 | 3183 | 3537 | 3890 | 5305 |
| 10,0 | 159 | 255 | 318 | 477 | 796 | 1273 | 1592 | 1910 | 2069 | 2228 | 2865 | 3183 | 3501 | 4775 |
| 11,0 | 145 | 231 | 289 | 434 | 723 | 1157 | 1447 | 1736 | 1881 | 2026 | 2604 | 2894 | 3183 | 4341 |
| 12,0 | 133 | 212 | 265 | 398 | 663 | 1061 | 1326 | 1592 | 1724 | 1857 | 2387 | 2653 | 2918 | 3979 |
| 14,0 | 114 | 182 | 227 | 341 | 568 | 909 | 1137 | 1364 | 1478 | 1592 | 2046 | 2274 | 2501 | 3410 |
| 15,0 | 106 | 170 | 212 | 318 | 531 | 849 | 1061 | 1273 | 1379 | 1485 | 1910 | 2122 | 2334 | 3183 |
| 16,0 | 99 | 159 | 199 | 298 | 497 | 796 | 995 | 1194 | 1293 | 1393 | 1790 | 1989 | 2188 | 2984 |
| 18,0 | 88 | 141 | 177 | 265 | 442 | 707 | 884 | 1061 | 1149 | 1238 | 1592 | 1768 | 1945 | 2653 |
| 19,0 | 84 | 134 | 168 | 251 | 419 | 670 | 838 | 1005 | 1089 | 1173 | 1508 | 1675 | 1843 | 2513 |
| 20,0 | 80 | 127 | 159 | 239 | 398 | 637 | 796 | 955 | 1035 | 1114 | 1432 | 1592 | 1751 | 2387 |
| 24,0 | 66 | 106 | 133 | 199 | 332 | 531 | 663 | 796 | 862 | 928 | 1194 | 1326 | 1459 | 1989 |
| 25,0 | 64 | 102 | 127 | 191 | 318 | 509 | 637 | 764 | 828 | 891 | 1146 | 1273 | 1401 | 1910 |
| 27,0 | 59 | 94 | 118 | 177 | 295 | 472 | 589 | 707 | 766 | 825 | 1061 | 1179 | 1297 | 1768 |
| 30,0 | 53 | 85 | 106 | 159 | 265 | 424 | 531 | 637 | 690 | 743 | 955 | 1061 | 1167 | 1592 |
| 32,0 | 50 | 80 | 99 | 149 | 249 | 398 | 497 | 597 | 647 | 696 | 895 | 995 | 1094 | 1492 |
| 36,0 | 44 | 71 | 88 | 133 | 221 | 354 | 442 | 531 | 575 | 619 | 796 | 884 | 973 | 1326 |
| 40,0 | 40 | 64 | 80 | 119 | 199 | 318 | 398 | 477 | 517 | 557 | 716 | 796 | 875 | 1194 |
| 50,0 | 32 | 51 | 64 | 95 | 159 | 255 | 318 | 382 | 414 | 446 | 573 | 637 | 700 | 955 |

## 1.2 Umrechnungen von angelsächsischen Einheiten in das SI-System

| angelsächsische Einheiten in SI-Einheiten | | | SI-Einheiten in angelsächsische Einheiten | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Längen** | | | | | |
| 1 inch (in) | = 25,4 mm | = 2,54 cm | 1 Millimeter (mm) | | = 0,03937 in |
| 1 foot (ft) | = 12 in | = 0,3048 m | 1 Zentimeter (cm) | = 10 mm | = 0,3937 in |
| 1 yard (yd) | = 3 ft | = 0,9144 m | 1 Meter (m) | = 100 cm = 3,2808 ft = 1,0936 yd | |
| 1 statute mile | = 1760 yd | = 1,60934 km | 1 Kilometer (km) | = 1000 m | = 0,62137 statute mile |
| **Flächen** | | | | | |
| 1 $in^2$ | = 645,16 $mm^2$ | = 6,4516 $cm^2$ | 1 $mm^2$ | | = 0,00155 $in^2$ |
| 1 $ft^2$ | = 144 $in^2$ | = 0,0929 $m^2$ | 1 $cm^2$ | = 100 $mm^2$ | = 0,155 $in^2$ |
| 1 $yd^2$ | = 9 $ft^2$ | = 0,8361 $m^2$ | 1 $m^2$ | = 10000 $cm^2$ = 10,7642 $ft^2$ = 1,196 $yd^2$ | |
| 1 $mile^2$ | | = 2,590 $km^2$ | 1 $km^2$ | = $10^6$ $m^2$ | = 0,3861 $mile^2$ |
| **Volumen** | | | | | |
| 1 $in^3$ | = 16387,064 $mm^3$ | = 16,387 $cm^3$ | 1 $mm^3$ | | = 0,000061 $in^3$ |
| 1 $ft^3$ | = 1728 $in^3$ | = 0,0283 $m^3$ | 1 $cm^3$ | = 1000 $mm^3$ | = 0,0610 $in^3$ |
| 1 $yd^3$ | = 27 $ft^3$ | = 0,765 $m^3$ | 1 $m^3$ | = $10^6$ $cm^3$ = 35,3146 $ft^3$ = 1,3080 $yd^3$ | |
| 1 Quart / US | = 1/4 gal | = 0,946 l | 1 Liter (l) | = 1 $dm^3$ = 0,2642 gal / US = 2,11 US pt | |
| 1 gallon (gal) / US | = 4 quarts | = 3,784 l | 1 l | = 1,761 UK pt | |
| 1 gallon (gal) / UK | | = 4,546 l | | | |
| 1 US pint (pt) | = 0,8327 UK pt | = 0,473 l | | | |
| 1 UK pt | = 1,201 US pt | = 0,568 l | | | |
| 1 barrel / US (Öl) | = 42 gal | = 158,98 l | | | |
| 1 barrel / UK | = 36 gal | = 163,66 l | | | |
| **Gewicht** | | | | | |
| 1 ounce (oz) | = 16 drams | = 28,35 g | 1 Gramm (g) | | = 0,03527 oz |
| 1 pound (lb) | = 16 oz | = 453,592 g | 1 Kilogramm (kg) | = 1000 g | = 2,20462 lb |
| 1 short ton / US | | = 0,907 t | 1 Tonne (t) | = 1000 kg | = 1,1025 short tons / US |
| 1 long ton / UK | | = 1,016 t | 1 Tonne (t) | = 1000 kg | = 0,984 long tons / UK |
| **Kraft** | | | | | |
| 1 pound force (lbf) | | = 4,448 N | 1 Newton (N) | | = 0,2248 lbf |
| **Druck/Festigkeit** | | | | | |
| 1 $lbf/ft^2$ | | = 47,8803 Pa | 1 Pascal (Pa) | = $10^6$ $N/mm^2$ | = 0,02089 $lbf/ft^2$ |
| 1 $lbf/in^2$ | = 6,89476 kPa | = 6,895 · $10^{-3}$ $N/mm^2$ | 1 $N/mm^2$ | = 0,1 bar | = 145 psi |
| 1 psi (pound-force per sq.in) = lbwt/$in^2$ | | = 6,895 · $10^{-3}$ $N/mm^2$ | 1 bar | = 10 $N/mm^2$ | = 14,5 psi |
| 1 psi | | = 6,895 · $10^{-2}$ bar | | | |
| **Leistung** | | | | | |
| 1 foot-pounds per second (ft lb/s) | | = 1,356 W | 1 Watt (W) | = 1 J/s = 1 Nm/s | = 0,7376 ft lb/s |
| **Energie/Drehmoment** | | | | | |
| 1 foot pound-force (ft·lbf) | | = 1,356 J | 1 Joule (J) | = 1 Nm | = 0,7376 ft lb |
| **Schnittgeschwindigkeit** | | | | | |
| 1 feet per minute (sfm) | | = 0,3048 m/min | 1 m/min | | = 3,2808 sfm |
| **Temperatur** | | | | | |
| in Grad Fahrenheit (°F) | | = 9/5 Temp.[°C]+32 | in Grad Celsius (°C) | | = (Temp.[°F]-32) · 5/9 |

## 1.3 Berechnung von Schnittkraft, Drehmoment und Leistung

Die Schnittkraft $F_c$ bei der Zerspanung ergibt sich aus dem Spanungsquerschnitt A und der spezifischen Schnittkraft $k_c$.

$$F_c = k_c \cdot A \quad [N]$$

Die spezifische Schnittkraft $k_c$ und damit auch die Schnittkraft $F_c$ ist abhängig von den Einflussfaktoren:

- Werkstoff: Hauptwert der spezifischen Schnittkraft $k_{c1.1}$
- Spanungsdicke $f_h$
- Spanwinkel $f_\gamma$
- Schnittgeschwindigkeit $f_v$
- Schneidstoff $f_s$
- Werkstückform $f_f$
- Kühlung und Schmierung $f_R$
- Schneidenverschleiß $f_{st}$

Der Einfluss des Werkstoffs wird berücksichtigt durch den Hauptwert der spezifischen Schnittkraft $k_{c1.1}$. Dieser entspricht der Schnittkraft für eine Querschnittfläche von 1 mm² unter definierten Randbedingungen. In der Regel werden diese Randbedingungen zur Ermittlung der spezifischen Schnittkraftwerte $k_{c1.1}$ nicht mit denen in der Praxis vorhandenen Randbedingungen übereinstimmen. Aus diesem Grund werden die Abweichungen über Korrekturfaktoren berücksichtigt. Die spezifische Schnittkraft $k_c$ ergibt sich somit aus der Gleichung:

$$k_c = k_{c1.1} \cdot f_h \cdot f_\gamma \cdot f_v \cdot f_s \cdot f_f \cdot f_R \cdot f_{st} \quad [N/mm^2]$$

Die Bestimmung der verschiedenen Korrekturfaktoren ist im Folgenden dargestellt. Sie können über die entsprechende Gleichung, Diagramm oder Tabelle ermittelt werden. In vielen praktischen Anwendungen wird nur der Einfluss der Spanungsdicke berücksichtigt. In diesen Fall kann der Wert für die spezifische Schnittkraft $k_c$ direkt aus der Tabelle entnommen werden.

Das **Drehmoment $M_d$** ergibt sich aus:

$$M_d = \frac{F_c \cdot d}{2 \cdot 10^3} = \frac{k_c \cdot A \cdot d}{2 \cdot 10^3} \quad [Nm]$$

und die benötigte **Schnittleistung $P_c$** aus:

$$P_c = F_c \cdot v_c = \frac{F_c \cdot \pi \cdot d \cdot n}{6 \cdot 10^7} = \frac{k_c \cdot A \cdot \pi \cdot d \cdot n}{6 \cdot 10^7} \approx \frac{F_c \cdot d \cdot n}{191 \cdot 10^5}$$

$$P_c = \frac{M_d \cdot \pi \cdot n}{3 \cdot 10^4} \approx \frac{M_d \cdot n}{9550} \quad [kW]$$

Die benötigte **Maschinenleistung $P_M$** berechnet sich aus:

$$P_M = \frac{P_c}{\eta} \quad [kW]$$

➤ *siehe auch:*



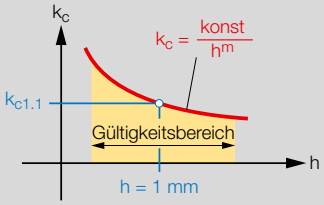
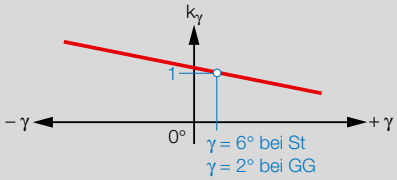
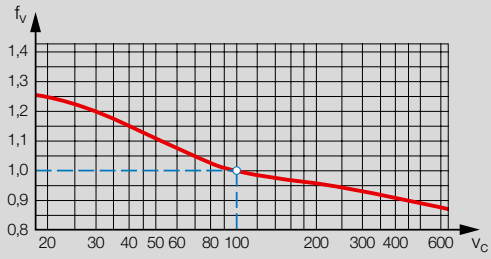
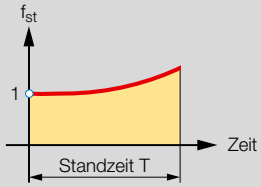




*www.emuge-franken.com*

# Allgemeines

| Bezeichnung | Kurzzeichen | Einheit |
|---|---|---|
| Schnittkraft | $F_c$ | N |
| Spanungsquerschnitt | A | $mm^2$ |
| spezifische Schnittkraft | $k_c$ | $N/mm^2$ |
| Hauptwert der spezifischen Schnittkraft | $k_{c1.1}$ | $N/mm^2$ |
| Korrekturfaktoren | $f_h, f_\gamma, f_v, f_s, f_f, f_R, f_{st}$ | – |
| Spanungsdicke | h | mm |
| Spanungsdickenexponent | m | – |
| Spanwinkel | $\gamma$ | ° (Grad) |
| Schnittgeschwindigkeitsexponent | $m_v$ | – |
| Schnittgeschwindigkeit | $v_c$ | m/min |
| Drehmoment | $M_d$ | Nm |
| Durchmesser | d | mm |
| Drehzahl | n | $min^{-1}$ |
| Schnittleistung | $P_c$ | kW |
| Maschinenleistung | $P_M$ | kW |
| Wirkungsgrad | $\eta$ | – |

| Hauptwert der spezif. Schnittkraft $k_{c1.1}$ | Ermittlung aus der Tabelle für den jeweiligen Werkstoff |
|---|---|
| **Spanungsdicken**<br><br>Korrekturfaktor $f_h$<br>und<br>Exponent m | $f_h = \frac{1}{h^m}$<br><br>m = Ermittlung aus Tabelle **Kapitel 1.3.1**<br><br> |
| **Spanwinkel**<br><br>Korrekturfaktor $f_\gamma$ | $f_\gamma = 1{,}09 - 0{,}015\ \gamma°$<br>für langspanende Werkstoffe<br>(z.B. Stahl)<br><br>$f_\gamma = 1{,}03 - 0{,}015\ \gamma°$<br>für kurzspanende Werkstoffe<br>(z.B. GG)<br><br> |
| **Schnittgeschwindigkeit**<br><br>Korrekturfaktor $f_v$<br><br>für $v_c$ = 20-600 m/min<br><br>für $v_c$ > 600 m/min | $f_v = \left(\frac{100}{v_c}\right)^{m_v}$<br><br><br>Abhängigkeit des Korrekturfaktors $f_v$ von der Schnittgeschwindigkeit $v_c$, gültig für Stahl, Stahlguss und Gusseisen a < 5 mm; s = 0,2…1,2 mm/U; $\gamma_o$ = -5…10°; $\chi_r$ = 60…90°<br><br>$m_v$ = 0,143 bei $v_c$ = 20-100 m/min<br>$m_v$ = 0,071 bei $v_c$ > 100 m/min<br><br>$f_v \approx 0{,}88$ |
| **Schneidstoff**<br><br>Korrekturfaktor $f_s$ | $f_s$ = 1,05 für Schnellarbeitsstahl<br>$f_s$ = 1 für Hartmetall<br>$f_s$ = 0,9…0,95 für Schneidkeramik |
| **Werkstückform**<br><br>Korrekturfaktor $f_f$ | $f_f$ = 1 für konvexe Bearbeitungsflächen (Beispiel: Außendrehen)<br><br>$f_f$ = 1,1 für ebene Bearbeitungsflächen (Beispiel: Hobeln, Räumen)<br><br>$f_f$ = 1,2 für konkave Bearbeitungsflächen (Beispiel: Innendrehen, Bohren, Fräsen) |
| **Kühlschmierung**<br><br>Korrekturfaktor $f_R$ | $f_R$ = 1 für trockene Zerspanung<br>$f_R$ = 0,85 für nicht wassermischbare Kühlschmierstoffe<br>$f_R$ = 0,9 für Kühlschmier-Emulsionen |
| **Schneidenverschleiß**<br><br>Korrekturfaktor $f_{st}$ | $f_{st}$ = 1,3 …1,5 für Drehen, Hobeln und Räumen<br>$f_{st}$ = 1,25…1,4 für Bohren und Fräsen<br>$f_{st}$ = 1 bei scharfer Schneide<br><br> |

## 1.3.1 Einteilung der Werkstoffe – spezifische Schnittkraft – Spanungsdicke

| Hauptgruppe / Untergruppe | | | Beispiel | Nr. | Zugfestigkeit Rm [N/mm²] Härte [HB/HRC/HV] |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | **Stahlwerkstoffe** | | | | |
| 1.1 | Kaltfließpressstähle, Magnetweicheisen | ≤ 400 N/mm² | Q-St37-3<br>R-Fe80 | 1.0123<br>1.1014 | |
| 1.2 | Automatenstähle, Allgemeine Baustähle | ≤ 600 N/mm² | 9SMnPb28<br>St37-2 | 1.0718<br>1.0037 | 500-700 N/mm²<br>340-470 N/mm² |
| 1.3 | Automatenstähle, Baustähle, Legierte Stähle, Stahlguss | ≤ 850 N/mm² | St70-2<br>GS-25CrMo4 | 1.0070<br>1.7218 | 700-900 N/mm²<br>650-950 N/mm² |
| 1.4 | Einsatzstähle, Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Kaltarbeitsstähle | ≤ 1100 N/mm² | 16MnCr5<br>Ck45<br>100Cr6 | 1.7131<br>1.1191<br>1.3505 | 500-700 N/mm²<br>600-800 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 1.5 | Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Warmarbeitsstähl, Gehärtete Stähle ≤ 44 HRC, Kaltarbeitsstähle | ≤ 1400 N/mm² | 42CrMo4V<br>X30WCrV5-3<br>X38CrMoV5-3<br>X155CrVMo12-1 | 1.7225<br>1.2567<br>1.2367<br>1.2379 | 1200-1400 N/mm²<br>1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm² |
| 1.6 | Gehärtete Stähle | > 44 - 55 HRC | 55NiCrMoV6 | 1.2713 | 47-52 HRC |
| 1.7 | Gehärtete Stähle | > 55 - 60 HRC | 45WCrV7 | 1.2542 | 56-57 HRC |
| 1.8 | Gehärtete Stähle | > 60 - 63 HRC | X155CrVMo12-1 | 1.2379 | 60-63 HRC |
| 1.9 | Gehärtete Stähle | > 63 - 66 HRC | X210CrW12 | 1.2436 | 63-64 HRC |
| 1.10 | Rostbeständige Stähle, Säurebeständige Stähle, Hitzebeständige Stähle | ≤ 850 N/mm² | X10NiCrAlTi32-20 [INCOLOY800]<br>X12CrNiTi18-9<br>X6CrNiMoTi17-12-2 | 1.4876<br>1.4878<br>1.4571 | 610-850 N/mm²<br>500-700 N/mm²<br>500-730 N/mm² |
| 1.11 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1100 N/mm² | X45SiCr4 | 1.4704 | 900-1100 N/mm² |
| 1.12 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1400 N/mm² | X5NiCrTi26-15 | 1.4980 | 1200 N/mm² |
| 1.13 | Stahl-Sonderwerkstoffe | | FerroTiC<br>Hardox500 | | 800-900 N/mm²<br>1300-1400 N/mm² |
| **2** | **Gusswerkstoffe** | | | | |
| 2.1 | Gusseisen | | GG 20<br>GG 30 | 0.6020<br>0.6030 | 120-220 HB<br>220-270 HB |
| 2.2 | Gusseisen mit Kugelgraphit | | GGG 40<br>GGG 70 | 0.7040<br>0.7070 | 400 N/mm²<br>700-1050 N/mm² |
| 2.3 | Gusseisen mit Vermikulargraphit | | GGV(80%Perlit)<br>GGV(100%Perlit) | | 220 HB<br>230 HB |
| 2.4 | Temperguss | | GTW 40<br>GTS 65 | 0.8040<br>0.8165 | 360-420 N/mm²<br>580-650 N/mm² |
| 2.5 | Hartguss | ≤ 400 HB | | | -400 HB |
| **3** | **Kupfer, Kupferlegierungen, Bronze, Messing** | | | | |
| 3.1 | Reinkupfer und niedrigleg. Kupfer | ≤ 500 N/mm² | E-Cu | 2.0060 | 250-350 N/mm² |
| 3.2 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) | | CuZn40 [Ms60]<br>CuZn37 [Ms63] | 2.0360<br>2.0321 | 340-490 N/mm²<br>310-550 N/mm² |
| 3.3 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) | | CuZn39Pb2 [Ms58] | 2.0380 | 380-500 N/mm² |
| 3.4 | Kupfer-Alu-Legierungen (Alubronze langspanend)<br>Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze langspanend) | | CuAl10Ni | 2.0966 | 500-800 N/mm² |
| 3.5 | Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze kurzspanend) | | GCuSn5ZnPb [Rg5]<br>GCuSn7ZnPb [Rg7] | 2.1096<br>2.1090 | 150-300 N/mm²<br>150-300 N/mm² |
| 3.6 | Kupfer-Sonderlegierungen bis Q18 | | Ampco16 | | 630 N/mm² |
| 3.7 | Kupfer-Sonderlegierungen über Q18 | | Ampco20 | | 600 N/mm² |
| **4** | **Nickel-/Kobalt-Legierungen** | | | | |
| 4.1 | Nickel-/Kobalt-Leg. warmfest | ≤ 850 N/mm² | NiCu30Fe [MONEL400] | 2.4360 | 420-610 N/mm² |
| 4.2 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest | 850-1400 N/mm² | NiCr19NbMo [INCONEL718] | 2.4668 | 850-1190 N/mm² |
| 4.3 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest | >1400 N/mm² | Haynes 25 (L605) | | 1550-2000 N/mm² |
| **5** | **Aluminiumlegierungen** | | | | |
| 5.1 | Alu-Knetlegierungen | | Al 99,5 [F13]<br>AlCuMg1 [F39] | 3.0255<br>3.1325 | 100-250 N/mm²<br>300-500 N/mm² |
| 5.2 | Alu-Gusslegierungen Si ≤ 5% | | G-AlMg3 | 3.3541 | 130-190 N/mm² |
| 5.3 | Alu-Gusslegierungen 5% < Si ≤ 12% | | GD-AlSi9Cu3<br>GD-AlSi12 | 3.2163<br>3.2582 | 240-310 N/mm²<br>220-300 N/mm² |
| 5.4 | Alu-Gusslegierungen 12% < Si | | G-AlSi17Cu4 | | 180-250 N/mm² |
| **6** | **Magnesiumlegierungen** | | | | |
| 6.1 | Magnesium-Knetlegierungen | | MgAl6 | 3.5662 | 300-500 N/mm² |
| 6.2 | Magnesium-Gusslegierungen | | GMgAl9Zn1 | 3.5912 | 300-500 N/mm² |
| **7** | **Titan, Titanlegierungen** | | | | |
| 7.1 | Reintitan, Titanlegierungen | ≤ 900 N/mm² | Ti3 [Ti99.4]<br>TiAl6V4 | 3.7055<br>3.7164 | 700 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 7.2 | Titanlegierungen | 900-1250 N/mm² | TiAl4Mo4Sn2 | 3.7185 | 900-1250 N/mm² |
| **8** | **Kunststoffe** | | | | |
| 8.1 | Duroplaste (kurzspanend) | | BAKELIT | | 110 N/mm² |
| 8.2 | Thermoplaste (langspanend) | | HOSTALEN | | 80 N/mm² |
| 8.3 | Faserverstärkte Kunststoffe | | CFK / GFK / AFK | | 800-1500 N/mm² |
| **9** | **Werkstoffe für bes. Anwendungen** | | | | |
| 9.1 | Graphit | | C-8000 | | 60 N/mm² |
| 9.2 | Wolfram-Kupfer-Legierungen | | W-Cu 80/20 | | 230-250 HV |

| $k_{c1.1}$ N/mm² | m | spezifische Schnittkraft $k_c$ [N/mm²] bei Spanungsdicke h [mm] | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0,05 | 0,063 | 0,08 | 0,1 | 0,125 | 0,16 | 0,2 | 0,25 | 0,315 |
| 1280 | 0,1171 | 1818 | 1770 | 1721 | 1676 | 1633 | 1587 | 1546 | 1506 | 1466 |
| 1393 | 0,0788 | 1764 | 1732 | 1700 | 1670 | 1641 | 1609 | 1581 | 1554 | 1526 |
| 1280 | 0,1171 | 1818 | 1770 | 1721 | 1676 | 1633 | 1587 | 1546 | 1506 | 1466 |
| 1393 | 0,0788 | 1764 | 1732 | 1700 | 1670 | 1641 | 1609 | 1581 | 1554 | 1526 |
| 1534 | 0,2442 | 3189 | 3014 | 2843 | 2692 | 2549 | 2400 | 2273 | 2152 | 2034 |
| 1534 | 0,2442 | 3189 | 3014 | 2843 | 2692 | 2549 | 2400 | 2273 | 2152 | 2034 |
| 1538 | 0,2553 | 3305 | 3115 | 2931 | 2769 | 2615 | 2456 | 2320 | 2191 | 2066 |
| 1427 | 0,2285 | 2829 | 2684 | 2541 | 2415 | 2295 | 2169 | 2061 | 1959 | 1858 |
| 1726 | 0,2838 | 4039 | 3783 | 3535 | 3318 | 3114 | 2903 | 2725 | 2558 | 2396 |
| 1668 | 0,2696 | 3740 | 3514 | 3295 | 3103 | 2922 | 2733 | 2574 | 2424 | 2277 |
| 1773 | 0,1717 | 2965 | 2850 | 2736 | 2633 | 2534 | 2429 | 2337 | 2249 | 2162 |
| 1668 | 0,2696 | 3740 | 3514 | 3295 | 3103 | 2922 | 2733 | 2574 | 2424 | 2277 |
| 1668 | 0,2696 | 3740 | 3514 | 3295 | 3103 | 2922 | 2733 | 2574 | 2424 | 2277 |
| 1925 | 0,1509 | 3025 | 2922 | 2818 | 2725 | 2635 | 2538 | 2454 | 2373 | 2292 |
| 1950 | 0,1509 | 3065 | 2959 | 2855 | 2760 | 2669 | 2571 | 2486 | 2404 | 2321 |
| 1920 | 0,1947 | 3440 | 3289 | 3140 | 3006 | 2878 | 2743 | 2627 | 2515 | 2404 |
| 1598 | 0,2094 | 2993 | 2852 | 2713 | 2589 | 2471 | 2346 | 2239 | 2137 | 2036 |
| 1598 | 0,2094 | 2993 | 2852 | 2713 | 2589 | 2471 | 2346 | 2239 | 2137 | 2036 |
| 2550 | 0,1800 | 4372 | 4194 | 4018 | 3860 | 3708 | 3546 | 3407 | 3273 | 3139 |
| 2550 | 0,1800 | 4372 | 4194 | 4018 | 3860 | 3708 | 3546 | 3407 | 3273 | 3139 |
| 1395 | 0,3800 | 4355 | 3989 | 3643 | 3346 | 3074 | 2799 | 2571 | 2362 | 2164 |
| 892 | 0,3480 | 2530 | 2335 | 2148 | 1988 | 1839 | 1688 | 1562 | 1445 | 1333 |
| 959 | 0,2426 | 1984 | 1875 | 1770 | 1677 | 1588 | 1496 | 1417 | 1342 | 1269 |
| 990 | 0,3043 | 2463 | 2296 | 2135 | 1995 | 1864 | 1729 | 1616 | 1510 | 1407 |
| 1053 | 0,3043 | 2620 | 2442 | 2271 | 2122 | 1983 | 1839 | 1718 | 1606 | 1497 |
| 1605 | 0,2100 | 3011 | 2868 | 2728 | 2603 | 2484 | 2358 | 2250 | 2147 | 2046 |
| 1605 | 0,2100 | 3011 | 2868 | 2728 | 2603 | 2484 | 2358 | 2250 | 2147 | 2046 |
| 2060 | 0,1900 | 3640 | 3483 | 3329 | 3191 | 3058 | 2918 | 2797 | 2681 | 2566 |
| 1555 | 0,1700 | 2588 | 2488 | 2389 | 2300 | 2214 | 2123 | 2044 | 1968 | 1892 |
| 720 | 0,3800 | 2248 | 2059 | 1880 | 1727 | 1587 | 1445 | 1327 | 1219 | 1117 |
| 1180 | 0,1500 | 1849 | 1786 | 1724 | 1667 | 1612 | 1553 | 1502 | 1453 | 1403 |
| 720 | 0,3800 | 2248 | 2059 | 1880 | 1727 | 1587 | 1445 | 1327 | 1219 | 1117 |
| 860 | 0,3800 | 2685 | 2459 | 2246 | 2063 | 1895 | 1726 | 1585 | 1456 | 1334 |
| 645 | 0,3800 | 2013 | 1844 | 1684 | 1547 | 1421 | 1294 | 1189 | 1092 | 1000 |
| 645 | 0,3800 | 2013 | 1844 | 1684 | 1547 | 1421 | 1294 | 1189 | 1092 | 1000 |
| 1250 | 0,3809 | 3913 | 3583 | 3271 | 3005 | 2760 | 2512 | 2308 | 2120 | 1941 |
| 1395 | 0,3800 | 4355 | 3989 | 3643 | 3346 | 3074 | 2799 | 2571 | 2362 | 2164 |
| 1920 | 0,1947 | 3440 | 3289 | 3140 | 3006 | 2878 | 2743 | 2627 | 2515 | 2404 |
| 1710 | 0,2571 | 3694 | 3481 | 3273 | 3091 | 2919 | 2739 | 2586 | 2442 | 2301 |
| 703 | 0,1712 | 1174 | 1129 | 1083 | 1043 | 1004 | 962 | 926 | 891 | 857 |
| 595 | 0,2713 | 1341 | 1260 | 1181 | 1111 | 1046 | 978 | 921 | 867 | 814 |
| 595 | 0,2713 | 1341 | 1260 | 1181 | 1111 | 1046 | 978 | 921 | 867 | 814 |
| 595 | 0,2713 | 1341 | 1260 | 1181 | 1111 | 1046 | 978 | 921 | 867 | 814 |
| 567 | 0,2998 | 1392 | 1299 | 1209 | 1131 | 1058 | 982 | 919 | 859 | 802 |
| 567 | 0,2998 | 1392 | 1299 | 1209 | 1131 | 1058 | 982 | 919 | 859 | 802 |
| 595 | 0,2713 | 1341 | 1260 | 1181 | 1111 | 1046 | 978 | 921 | 867 | 814 |
| 595 | 0,2713 | 1341 | 1260 | 1181 | 1111 | 1046 | 978 | 921 | 867 | 814 |
| 1220 | 0,1633 | 1990 | 1916 | 1843 | 1777 | 1713 | 1646 | 1587 | 1530 | 1473 |
| 1356 | 0,2188 | 2612 | 2483 | 2356 | 2244 | 2137 | 2025 | 1928 | 1836 | 1746 |
| 1356 | 0,2188 | 2612 | 2483 | 2356 | 2244 | 2137 | 2025 | 1928 | 1836 | 1746 |
| 442 | 0,1500 | 693 | 669 | 646 | 624 | 604 | 582 | 563 | 544 | 526 |
| 505 | 0,1500 | 791 | 765 | 738 | 713 | 690 | 665 | 643 | 622 | 601 |
| 515 | 0,1500 | 807 | 780 | 752 | 727 | 704 | 678 | 656 | 634 | 612 |



# Allgemeines

| Hauptgruppe / Untergruppe | | | Beispiel | Nr. | Zugfestigkeit Rm [N/mm²] Härte [HB/HRC/HV] |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | **Stahlwerkstoffe** | | | | |
| 1.1 | Kaltfließpressstähle, Magnetweicheisen | ≤ 400 N/mm² | Q-St37-3<br>R-Fe80 | 1.0123<br>1.1014 | |
| 1.2 | Automatenstähle, Allgemeine Baustähle | ≤ 600 N/mm² | 9SMnPb28<br>St37-2 | 1.0718<br>1.0037 | 500-700 N/mm²<br>340-470 N/mm² |
| 1.3 | Automatenstähle, Baustähle, Legierte Stähle, Stahlguss | ≤ 850 N/mm² | St70-2<br>GS-25CrMo4 | 1.0070<br>1.7218 | 700-900 N/mm²<br>650-950 N/mm² |
| 1.4 | Einsatzstähle, Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Kaltarbeitsstähle | ≤ 1100 N/mm² | 16MnCr5<br>Ck45<br>100Cr6 | 1.7131<br>1.1191<br>1.3505 | 500-700 N/mm²<br>600-800 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 1.5 | Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Warmarbeitsstähl, Gehärtete Stähle ≤ 44 HRC, Kaltarbeitsstähle | ≤ 1400 N/mm² | 42CrMo4V<br>X30WCrV5-3<br>X38CrMoV5-3<br>X155CrVMo12-1 | 1.7225<br>1.2567<br>1.2367<br>1.2379 | 1200-1400 N/mm²<br>1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm² |
| 1.6 | Gehärtete Stähle | > 44 - 55 HRC | 55NiCrMoV6 | 1.2713 | 47-52 HRC |
| 1.7 | Gehärtete Stähle | > 55 - 60 HRC | 45WCrV7 | 1.2542 | 56-57 HRC |
| 1.8 | Gehärtete Stähle | > 60 - 63 HRC | X155CrVMo12-1 | 1.2379 | 60-63 HRC |
| 1.9 | Gehärtete Stähle | > 63 - 66 HRC | X210CrW12 | 1.2436 | 63-64 HRC |
| 1.10 | Rostbeständige Stähle, Säurebeständige Stähle, Hitzebeständige Stähle | ≤ 850 N/mm² | X10NiCrAlTi32-20 [INCOLOY800]<br>X12CrNiTi18-9<br>X6CrNiMoTi17-12-2 | 1.4876<br>1.4878<br>1.4571 | 610-850 N/mm²<br>500-700 N/mm²<br>500-730 N/mm² |
| 1.11 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1100 N/mm² | X45SiCr4 | 1.4704 | 900-1100 N/mm² |
| 1.12 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1400 N/mm² | X5NiCrTi26-15 | 1.4980 | 1200 N/mm² |
| 1.13 | Stahl-Sonderwerkstoffe | | FerroTiC<br>Hardox500 | | 800-900 N/mm²<br>1300-1400 N/mm² |
| **2** | **Gusswerkstoffe** | | | | |
| 2.1 | Gusseisen | | GG 20<br>GG 30 | 0.6020<br>0.6030 | 120-220 HB<br>220-270 HB |
| 2.2 | Gusseisen mit Kugelgraphit | | GGG 40<br>GGG 70 | 0.7040<br>0.7070 | 400 N/mm²<br>700-1050 N/mm² |
| 2.3 | Gusseisen mit Vermikulargraphit | | GGV(80%Perlit)<br>GGV(100%Perlit) | | 220 HB<br>230 HB |
| 2.4 | Temperguss | | GTW 40<br>GTS 65 | 0.8040<br>0.8165 | 360-420 N/mm²<br>580-650 N/mm² |
| 2.5 | Hartguss | ≤ 400 HB | | | -400 HB |
| **3** | **Kupfer, Kupferlegierungen, Bronze, Messing** | | | | |
| 3.1 | Reinkupfer und niedrigleg. Kupfer | ≤ 500 N/mm² | E-Cu | 2.0060 | 250-350 N/mm² |
| 3.2 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) | | CuZn40 [Ms60]<br>CuZn37 [Ms63] | 2.0360<br>2.0321 | 340-490 N/mm²<br>310-550 N/mm² |
| 3.3 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) | | CuZn39Pb2 [Ms58] | 2.0380 | 380-500 N/mm² |
| 3.4 | Kupfer-Alu-Legierungen (Alubronze langspanend)<br>Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze langspanend) | | CuAl10Ni | 2.0966 | 500-800 N/mm² |
| 3.5 | Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze kurzspanend) | | GCuSn5ZnPb [Rg5]<br>GCuSn7ZnPb [Rg7] | 2.1096<br>2.1090 | 150-300 N/mm²<br>150-300 N/mm² |
| 3.6 | Kupfer-Sonderlegierungen bis Q18 | | Ampco16 | | 630 N/mm² |
| 3.7 | Kupfer-Sonderlegierungen über Q18 | | Ampco20 | | 600 N/mm² |
| **4** | **Nickel-/Kobalt-Legierungen** | | | | |
| 4.1 | Nickel-/Kobalt-Leg. warmfest | ≤ 850 N/mm² | NiCu30Fe [MONEL400] | 2.4360 | 420-610 N/mm² |
| 4.2 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest | 850-1400 N/mm² | NiCr19NbMo [INCONEL718] | 2.4668 | 850-1190 N/mm² |
| 4.3 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest | >1400 N/mm² | Haynes 25 (L605) | | 1550-2000 N/mm² |
| **5** | **Aluminiumlegierungen** | | | | |
| 5.1 | Alu-Knetlegierungen | | Al 99,5 [F13]<br>AlCuMg1 [F39] | 3.0255<br>3.1325 | 100-250 N/mm²<br>300-500 N/mm² |
| 5.2 | Alu-Gusslegierungen Si ≤ 5% | | G-AlMg3 | 3.3541 | 130-190 N/mm² |
| 5.3 | Alu-Gusslegierungen 5% < Si ≤ 12% | | GD-AlSi9Cu3<br>GD-AlSi12 | 3.2163<br>3.2582 | 240-310 N/mm²<br>220-300 N/mm² |
| 5.4 | Alu-Gusslegierungen 12% < Si | | G-AlSi17Cu4 | | 180-250 N/mm² |
| **6** | **Magnesiumlegierungen** | | | | |
| 6.1 | Magnesium-Knetlegierungen | | MgAl6 | 3.5662 | 300-500 N/mm² |
| 6.2 | Magnesium-Gusslegierungen | | GMgAl9Zn1 | 3.5912 | 300-500 N/mm² |
| **7** | **Titan, Titanlegierungen** | | | | |
| 7.1 | Reintitan, Titanlegierungen | ≤ 900 N/mm² | Ti3 [Ti99.4]<br>TiAl6V4 | 3.7055<br>3.7164 | 700 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 7.2 | Titanlegierungen | 900-1250 N/mm² | TiAl4Mo4Sn2 | 3.7185 | 900-1250 N/mm² |
| **8** | **Kunststoffe** | | | | |
| 8.1 | Duroplaste (kurzspanend) | | BAKELIT | | 110 N/mm² |
| 8.2 | Thermoplaste (langspanend) | | HOSTALEN | | 80 N/mm² |
| 8.3 | Faserverstärkte Kunststoffe | | CFK / GFK / AFK | | 800-1500 N/mm² |
| **9** | **Werkstoffe für bes. Anwendungen** | | | | |
| 9.1 | Graphit | | C-8000 | | 60 N/mm² |
| 9.2 | Wolfram-Kupfer-Legierungen | | W-Cu 80/20 | | 230-250 HV |

| $k_{c1.1}$ N/mm² | m | spezifische Schnittkraft $k_c$ [N/mm²] bei Spanungsdicke h [mm] | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0,4 | 0,5 | 0,63 | 0,8 | 1 | 1,25 | 1,6 | 2 | 2,5 |
| 1280 | 0,1171 | 1425 | 1388 | 1351 | 1314 | 1280 | 1247 | 1212 | 1180 | 1150 |
| 1393 | 0,0788 | 1497 | 1471 | 1445 | 1418 | 1393 | 1369 | 1342 | 1319 | 1296 |
| 1280 | 0,1171 | 1425 | 1388 | 1351 | 1314 | 1280 | 1247 | 1212 | 1180 | 1150 |
| 1393 | 0,0788 | 1497 | 1471 | 1445 | 1418 | 1393 | 1369 | 1342 | 1319 | 1296 |
| 1534 | 0,2442 | 1919 | 1817 | 1718 | 1620 | 1534 | 1453 | 1368 | 1295 | 1227 |
| 1534 | 0,2442 | 1919 | 1817 | 1718 | 1620 | 1534 | 1453 | 1368 | 1295 | 1227 |
| 1538 | 0,2553 | 1943 | 1836 | 1731 | 1628 | 1538 | 1453 | 1364 | 1289 | 1217 |
| 1427 | 0,2285 | 1759 | 1672 | 1586 | 1502 | 1427 | 1356 | 1282 | 1218 | 1157 |
| 1726 | 0,2838 | 2239 | 2101 | 1968 | 1839 | 1726 | 1620 | 1510 | 1418 | 1331 |
| 1668 | 0,2696 | 2135 | 2010 | 1889 | 1771 | 1668 | 1570 | 1469 | 1383 | 1303 |
| 1773 | 0,1717 | 2075 | 1997 | 1919 | 1842 | 1773 | 1706 | 1636 | 1574 | 1515 |
| 1668 | 0,2696 | 2135 | 2010 | 1889 | 1771 | 1668 | 1570 | 1469 | 1383 | 1303 |
| 1668 | 0,2696 | 2135 | 2010 | 1889 | 1771 | 1668 | 1570 | 1469 | 1383 | 1303 |
| 1925 | 0,1509 | 2210 | 2137 | 2064 | 1991 | 1925 | 1861 | 1793 | 1734 | 1676 |
| 1950 | 0,1509 | 2239 | 2165 | 2091 | 2017 | 1950 | 1885 | 1816 | 1756 | 1698 |
| 1920 | 0,1947 | 2295 | 2197 | 2101 | 2005 | 1920 | 1838 | 1752 | 1678 | 1606 |
| 1598 | 0,2094 | 1936 | 1848 | 1761 | 1675 | 1598 | 1525 | 1448 | 1382 | 1319 |
| 1598 | 0,2094 | 1936 | 1848 | 1761 | 1675 | 1598 | 1525 | 1448 | 1382 | 1319 |
| 2550 | 0,1800 | 3007 | 2889 | 2771 | 2655 | 2550 | 2450 | 2343 | 2251 | 2162 |
| 2550 | 0,1800 | 3007 | 2889 | 2771 | 2655 | 2550 | 2450 | 2343 | 2251 | 2162 |
| 1395 | 0,3800 | 1976 | 1815 | 1663 | 1518 | 1395 | 1282 | 1167 | 1072 | 985 |
| 892 | 0,3480 | 1227 | 1135 | 1048 | 964 | 892 | 825 | 757 | 701 | 648 |
| 959 | 0,2426 | 1198 | 1135 | 1073 | 1012 | 959 | 908 | 856 | 811 | 768 |
| 990 | 0,3043 | 1308 | 1222 | 1139 | 1060 | 990 | 925 | 858 | 802 | 749 |
| 1053 | 0,3043 | 1392 | 1300 | 1212 | 1127 | 1053 | 984 | 913 | 853 | 797 |
| 1605 | 0,2100 | 1946 | 1856 | 1769 | 1682 | 1605 | 1532 | 1454 | 1388 | 1324 |
| 1605 | 0,2100 | 1946 | 1856 | 1769 | 1682 | 1605 | 1532 | 1454 | 1388 | 1324 |
| 2060 | 0,1900 | 2452 | 2350 | 2249 | 2149 | 2060 | 1974 | 1884 | 1806 | 1731 |
| 1555 | 0,1700 | 1817 | 1749 | 1682 | 1615 | 1555 | 1497 | 1436 | 1382 | 1331 |
| 720 | 0,3800 | 1020 | 937 | 858 | 784 | 720 | 661 | 602 | 553 | 508 |
| 1180 | 0,1500 | 1354 | 1309 | 1265 | 1220 | 1180 | 1141 | 1100 | 1063 | 1028 |
| 720 | 0,3800 | 1020 | 937 | 858 | 784 | 720 | 661 | 602 | 553 | 508 |
| 860 | 0,3800 | 1218 | 1119 | 1025 | 936 | 860 | 790 | 719 | 661 | 607 |
| 645 | 0,3800 | 914 | 839 | 769 | 702 | 645 | 593 | 540 | 496 | 455 |
| 645 | 0,3800 | 914 | 839 | 769 | 702 | 645 | 593 | 540 | 496 | 455 |
| 1250 | 0,3809 | 1772 | 1628 | 1491 | 1361 | 1250 | 1148 | 1045 | 960 | 882 |
| 1395 | 0,3800 | 1976 | 1815 | 1663 | 1518 | 1395 | 1282 | 1167 | 1072 | 985 |
| 1920 | 0,1947 | 2295 | 2197 | 2101 | 2005 | 1920 | 1838 | 1752 | 1678 | 1606 |
| 1710 | 0,2571 | 2164 | 2044 | 1926 | 1811 | 1710 | 1615 | 1515 | 1431 | 1351 |
| 703 | 0,1712 | 822 | 792 | 761 | 730 | 703 | 677 | 649 | 624 | 601 |
| 595 | 0,2713 | 763 | 718 | 674 | 632 | 595 | 560 | 524 | 493 | 464 |
| 595 | 0,2713 | 763 | 718 | 674 | 632 | 595 | 560 | 524 | 493 | 464 |
| 595 | 0,2713 | 763 | 718 | 674 | 632 | 595 | 560 | 524 | 493 | 464 |
| 567 | 0,2998 | 746 | 698 | 651 | 606 | 567 | 530 | 492 | 461 | 431 |
| 567 | 0,2998 | 746 | 698 | 651 | 606 | 567 | 530 | 492 | 461 | 431 |
| 595 | 0,2713 | 763 | 718 | 674 | 632 | 595 | 560 | 524 | 493 | 464 |
| 595 | 0,2713 | 763 | 718 | 674 | 632 | 595 | 560 | 524 | 493 | 464 |
| 1220 | 0,1633 | 1417 | 1366 | 1316 | 1265 | 1220 | 1176 | 1130 | 1089 | 1050 |
| 1356 | 0,2188 | 1657 | 1578 | 1500 | 1424 | 1356 | 1291 | 1223 | 1165 | 1110 |
| 1356 | 0,2188 | 1657 | 1578 | 1500 | 1424 | 1356 | 1291 | 1223 | 1165 | 1110 |
| 442 | 0,1500 | 507 | 490 | 474 | 457 | 442 | 427 | 412 | 398 | 385 |
| 505 | 0,1500 | 579 | 560 | 541 | 522 | 505 | 488 | 471 | 455 | 440 |
| 515 | 0,1500 | 591 | 571 | 552 | 533 | 515 | 498 | 480 | 464 | 449 |

## 1.4 Oberflächenveredelung

### 1.4.1 Allgemein

Durch das Oberflächenveredelungs-Verfahren werden folgende Ziele verfolgt:

- Steigerung der Abriebfestigkeit und des Verschleißwiderstands,
- Verringerung der Reibung zwischen Werkzeug/Werkstück sowie Werkzeug/Span,
- Verringerung der Wärmeleitfähigkeit zwischen Werkzeug und Werkstück,
- Vergrößerung der chemischen Stabilität der Werkzeugschneide.

Dadurch ergibt sich die Möglichkeit:

- der Erhöhung der Standzeit,
- der Erhöhung von Schnittgeschwindigkeit und Vorschub.

Für spezielle Einsatzfälle bieten wir die verschiedensten Oberflächenveredelungen an. Dabei ist zu beachten, dass nach DIN 2197 beschichtete Gewindebohrer das obere Abmaß am Gewindeteil um 10 µm überschreiten dürfen.

### 1.4.2 Eigenschaften der Oberflächenveredelungen

| EMUGE-FRANKEN Kurzzeichen | NT | NT2 | Ne | Ne2 | Cr |
|---|---|---|---|---|---|
| Bezeichnung | Nitriert | Nitriert und dampf-angelassen | Neutralisiert | Dampf-angelassen | Hartverchromt |
| Bemerkung | Anreichern der Randschicht mit Stickstoff | Minderung der Nitrierhärte | Chemo-thermisches Verfahren zum Schutz der Oberfläche gegen Kalt-schweißungen | Im Wasser-dampf (450 °C) erzeugte Oxidschicht ist Schutz der Oberfläche gegen Kalt-schweißungen | Galvanische Schicht mit hervorragenden Gleiteigen-schaften |
| Härte HV bei 20 °C | 1000 | < 1000 | | | 1200 |
| Schichtdicke in µm | | | | | 2 - 4 |
| max. Einsatz-temp. °C | | | | | 250 |
| Schichtfarbe | grau | schwarzgrau | | blaugrau | silber |
| Einsatzgebiet (schwerpunkt-mäßig) | • abrasive Werkstoffe<br>• Grauguss<br>• Sphäroguss<br>• Aluminium-Guss<br>• kurzspanende Duroplaste | • Stahlbearbei-tung<br>• (Grauguss)<br>• (Sphäroguss)<br>• nicht für Buntmetalle | • unlegierte und niedrig-legierte Stähle, z.B. St37, C22, 9S20 | • nur für Eisenwerk-stoffe | • Buntmetalle<br>• nicht für Stahlwerk-stoffe |

Verschleißschutz- und Gleitschichten siehe **Kapitel 5**.





## 1.5 Zerspanung und Spanformen

Unter dem Begriff der Zerspanbarkeit wird ein Kriterium für die spanabhebende Bearbeitung eines Werkstoffes verstanden. Er beschreibt die Gesamtheit aller Eigenschaften eines Werkstoffes, die auf den Zerspanungsprozess Einfluss haben. Der Zerspanungsprozess wird bestimmt durch seine

- **Eingangsgrößen**
  - Werkstoff (Zusammensetzung und Gefüge),
  - Werkzeug (Schneidstoff und Geometrie),
  - Werkzeugmaschine (Stabilität und Einstellung).

- **Prozessgrößen**
  - technologische Daten (Schnittgeschwindigkeit, Vorschub, usw.),
  - Art des Kühlschmierstoffes (Kühlung und Schmierung),
  - mechanische, thermische, chemische Belastungen.

Als Ergebnis erhält man die

- **Ausgangsgrößen**
  - Werkstück (Genauigkeit und Oberflächenqualität),
  - Werkzeug (Verschleißzustand),
  - Späne (Form und Farbe).

Die Beurteilung eines Zerspanungsprozesses bestimmen die vier Kriterien

- **Werkzeugverschleiß bzw. Standzeitverhalten**
  (Verschleißmarkenbreite, Kolkverschleiß, Rissbildung),

- **Schnittkraft und/oder Schnittmoment**
  (Betrag, zeitlicher Verlauf),

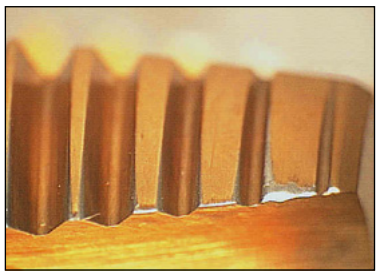
- **Spanform**
  (Spanformklasse, Anlassfarben),

- **Oberflächenqualität**
  (Welligkeit, Rauhigkeit).

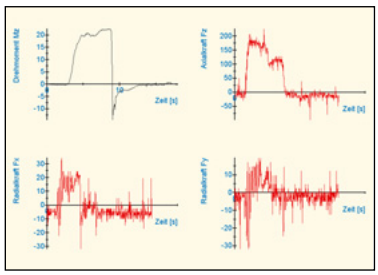
Die Kriterien **Werkzeugverschleiß bzw. Standzeitverhalten**, **Schnittkraft und/oder Schnittmoment** und **Oberflächenqualität** lassen sich messtechnisch bestimmen und als Zahlenwert darstellen. Bei dem Kriterium **Spanform** werden die Späne nach ihrer Ausbildung in verschiedene Klassen unterteilt. Ihre Beurteilung richtet sich nach ihrem möglichen Einfluss als Störgröße auf den Zerspanungsprozess. Angestrebt werden kurzbrechende Späne.

# Allgemeines

**Werkzeugverschleiß**



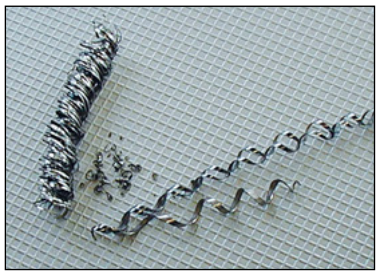
**Schnittkraft**



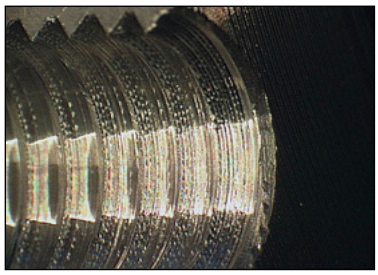
**Zerspanungsprozess**



**Spanform**



**Oberflächenqualität**



| Spanform | Spanraumzahl RZ [1] | Spanform-klasse [1] | Beurteilung |
|---|---|---|---|
| Bandspäne | ≥ 90 | 1 | ungünstig |
| Wirrspäne | ≥ 90 | 2 | |
| Flachwendelspäne | ≥ 50 | 3 | |
| lange, zylindrische Wendelspäne | ≥ 50 | 4 | brauchbar |
| Wendelspanstücke | ≥ 25 | 5 | gut |
| Spiralspäne | ≥ 8 | 6 | |
| Spiralspanstücke | ≥ 8 | 7 | brauchbar |
| Bröckelspäne | ≥ 3 | 8 | |

[1] nach Stahl-Eisen-Prüfblatt 1178-69

## 1.6 Standzeitverhalten und Standvermögen

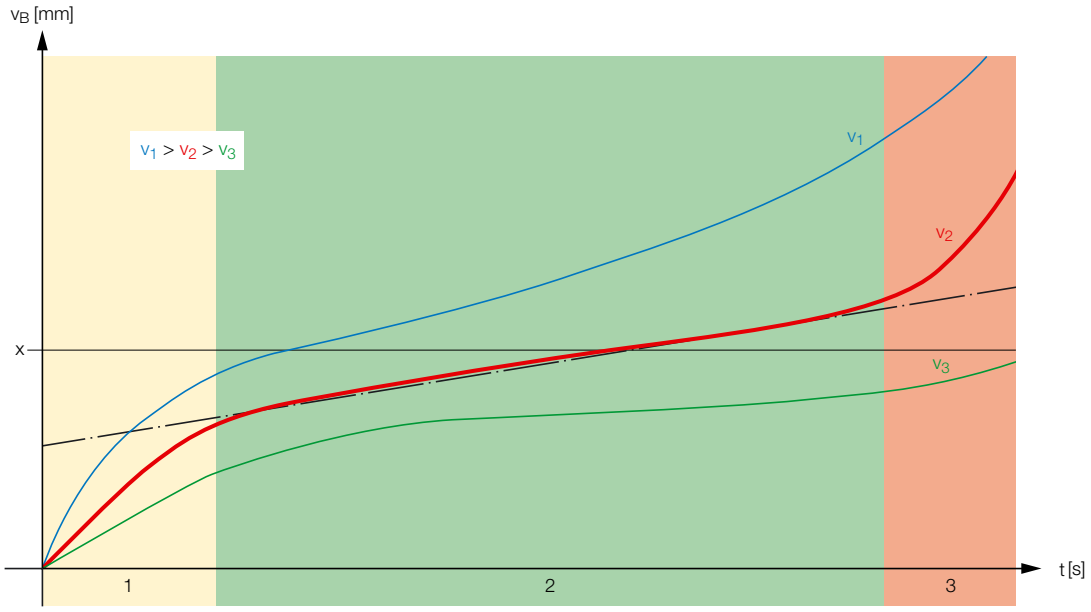
In der Praxis wird unter dem Begriff der „Standzeit“ die Zeit verstanden, in dem ein Werkzeug wirtschaftlich im Eingriff ist. Nach der Definition des Deutschen Institut für Normung (DIN 6583) ist hierunter der Begriff „Standvermögen“ zu verstehen.

Das **Standvermögen** eines Werkzeugs ist bestimmt durch

- **die Standbedingungen**
  (Randbedingungen des Zerspanvorganges),
- **die Standkriterien**
  (Verschleiß, Oberflächenqualität, Schnittkraft bzw. Drehmoment)
- **die Standgrößen**
  (Standzeit, Standweg, Standmenge)

Zur Darstellung der **Standgrößen** wird in der Regel das Verschleißverhalten eines Werkzeuges über die Bearbeitungszeit dargestellt. Hierzu wird im Versuch in regel- oder unregelmäßigen Abständen der Verschleiß gemessen. Die entstehende Kurve zeigt den typischen Verlauf.

**Verschleißzustands-Diagramm:**




**Bereich 1:**
erhöhter Anfangsverschleiß bei einem neuen Werkzeug (degressiver Verschleiß),

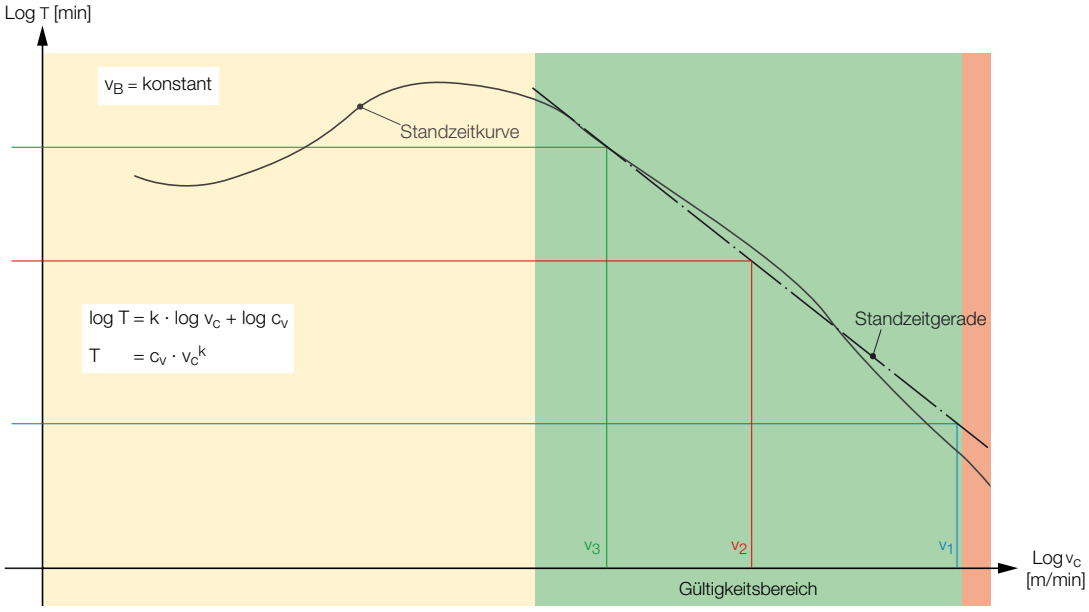
**Bereich 2:**
annähernd konstante Zunahme des Verschleißes (linearer Verschleiß).

**Bereich 3:**
unkontrollierbare, starke Zunahme des Verschleißes (progressiver Verschleiß).

Werkzeuge werden in der Regel bis zum Ende des Bereiches 2 eingesetzt. Auf diese Weise ist die Fertigung steuerbar.

Überträgt man die Werte aus den Verschleißzustands-Diagramm für einen festgelegten Verschleißzustand in ein Schnittgeschwindigkeits-Standzeit-Diagramm, so erhält man eine sogenannte Standzeitkurve für den speziellen Einsatzfall. Mit Hilfe des Diagramms ist es möglich, für eine beliebige Schnittgeschwindigkeit die dazugehörige Standzeit zu ermitteln.

**Schnittgeschwindigkeits-Standzeit-Diagramm:**




Diese Standzeitkurve kann für einen gewissen Schnittgeschwindigkeitsbereich (Gültigkeitsbereich) als Gerade betrachtet werden. Diese Gerade wird als Standzeitgerade bezeichnet. Der **Steigungswert k** (Neigung der Geraden) ist abhängig vom verwendeten Schneidstoff. Er beträgt

- **für Schnellarbeitsstahl:** k = -5 bis -12
- **für Hartmetall:** k = -2,5 bis -8
- **für Schneidkeramik:** k = -1,25 bis -2,5

Für beschichtete Werkzeuge liegt der k-Wert unter dem des unbeschichteten Schneidstoffs.

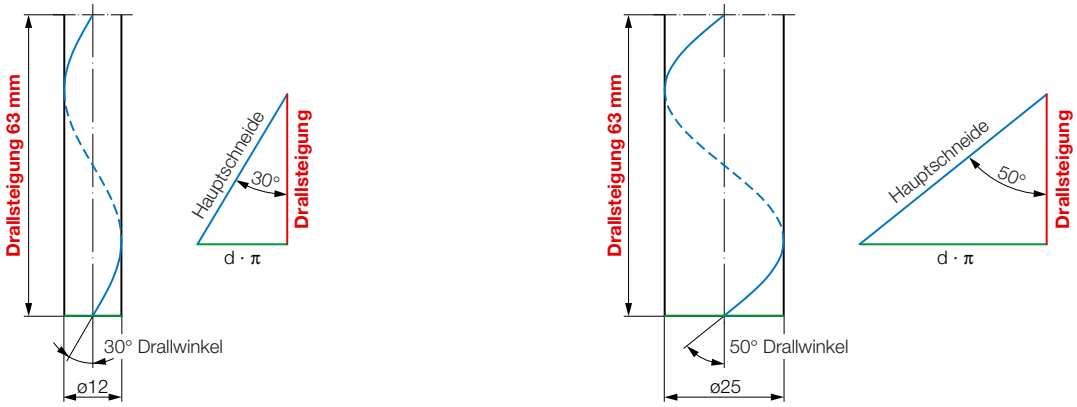
Weitere Einflussgrößen auf die Neigung der Standzeitgeraden sind der Werkstoff und die Art der Kühlschmierung. Durch Änderung der Zerspanungsbedingung und der Geometrie der Schneiden ergibt sich eine Parallelverschiebung der Standzeitgeraden.

Mit Hilfe des k-Faktors lassen sich rechnerisch die kosten- oder zeitoptimalen Standzeiten bzw. Schnittgeschwindigkeiten bestimmen.

## 1.7 Verhältnis Drallsteigung - Drallwinkel

Die Drallsteigung sagt aus, nach welcher Länge - in Achsrichtung gemessen - die Schneide 360° um den Zylinder läuft. **Die Drallsteigung ist von der Schneidenlänge unabhängig!**

**Gleichbleibende Drallsteigung bei unterschiedlichen Durchmessern:**

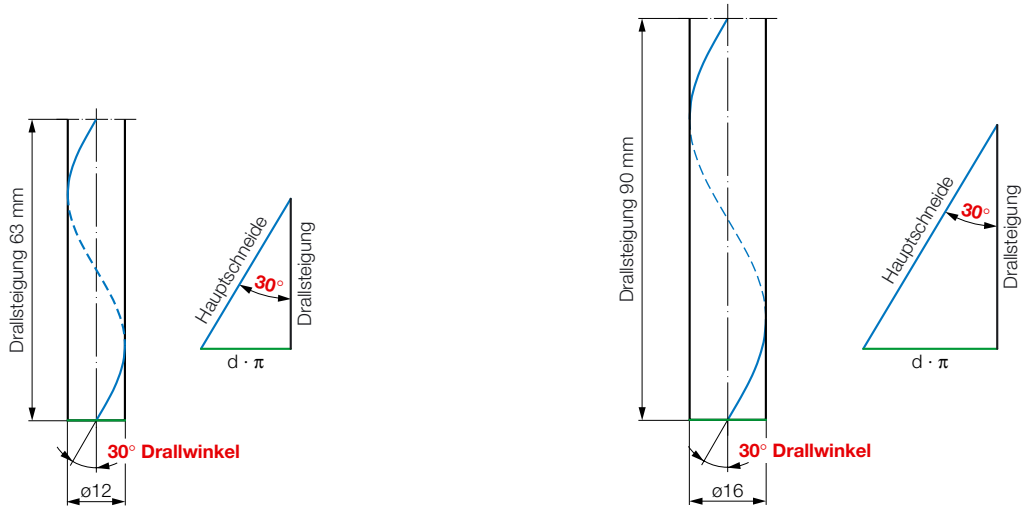



**Berechnung:**

$$\text{Drallsteigung} = \frac{\text{Durchmesser} \cdot \pi}{\tan \text{Drallwinkel}} \quad [\text{mm}]$$

Mit Drallwinkel wird der Unterschied zwischen Werkzeugachse und Hauptschneide angegeben.

**Gleichbleibender Drallwinkel bei unterschiedlichen Durchmessern:**




**Berechnung:**

$$\tan \text{Drallwinkel} = \frac{\text{Durchmesser} \cdot \pi}{\text{Drallsteigung}} \quad [°]$$

## 1.8 Härtevergleichstabelle (Auszug aus DIN EN ISO 18265)

Umwertung für Härte in Härte und Härte in Zugfestigkeit für unlegierte und niedriglegierte Stähle und Stahlguss.

| Zugfestigkeit MPa (=N/mm²) | Vickershärte | Brinellhärte | Rockwellhärte | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | HV10 | HB [a] | HRB | HRF | HRC | HRA | HRD | HR15N | HR30N | HR45N |
| 255 | 80 | 76,0 | | | | | | | | |
| 270 | 85 | 80,7 | 41,0 | | | | | | | |
| 285 | 90 | 85,5 | 48,0 | 82,6 | | | | | | |
| 305 | 95 | 90,2 | 52,0 | | | | | | | |
| 320 | 100 | 95,0 | 56,2 | 87,0 | | | | | | |
| 335 | 105 | 99,8 | | | | | | | | |
| 350 | 110 | 105 | 62,3 | 90,5 | | | | | | |
| 370 | 115 | 109 | | | | | | | | |
| 385 | 120 | 114 | 66,7 | 93,6 | | | | | | |
| 400 | 125 | 119 | | | | | | | | |
| 415 | 130 | 124 | 71,2 | 96,4 | | | | | | |
| 430 | 135 | 128 | | | | | | | | |
| 450 | 140 | 133 | 75,0 | 99,0 | | | | | | |
| 465 | 145 | 138 | | | | | | | | |
| 480 | 150 | 143 | 78,7 | (101,4) | | | | | | |
| 495 | 155 | 147 | | | | | | | | |
| 510 | 160 | 152 | 81,7 | (103,6) | | | | | | |
| 530 | 165 | 156 | | | | | | | | |
| 545 | 170 | 162 | 85,0 | (105,5) | | | | | | |
| 560 | 175 | 166 | | | | | | | | |
| 575 | 180 | 171 | 87,1 | (107,2) | | | | | | |
| 595 | 185 | 176 | | | | | | | | |
| 610 | 190 | 181 | 89,5 | (108,7) | | | | | | |
| 625 | 195 | 185 | | | | | | | | |
| 640 | 200 | 190 | 91,5 | (110,1) | | | | | | |
| 660 | 205 | 195 | 92,5 | | | | | | | |
| 675 | 210 | 199 | 93,5 | (111,3) | | | | | | |
| 690 | 215 | 204 | 94,0 | | | | | | | |
| 705 | 220 | 209 | 95,0 | (112,4) | | | | | | |
| 720 | 225 | 214 | 96,0 | | | | | | | |
| 740 | 230 | 219 | 96,7 | (113,4) | | | | | | |
| 755 | 235 | 223 | | | | | | | | |
| 770 | 240 | 228 | 98,1 | (114,3) | 20,3 | 60,7 | 40,3 | (69,6) | (41,7) | (19,9) |
| 785 | 245 | 233 | | | 21,3 | 61,2 | 41,1 | 70,1 | 42,5 | 21,1 |
| 800 | 250 | 238 | 99,5 | (115,1) | 22,2 | 61,6 | 41,7 | 70,6 | 43,4 | 22,2 |
| 820 | 255 | 242 | | | 23,1 | 62,0 | 42,2 | 71,1 | 44,2 | 23,2 |
| 835 | 260 | 247 | (101) | | 24,0 | 62,4 | 43,1 | 71,6 | 45,0 | 24,3 |
| 850 | 265 | 252 | | | 24,8 | 62,7 | 43,7 | 72,1 | 45,7 | 25,2 |
| 865 | 270 | 257 | (102) | | 25,6 | 63,1 | 44,3 | 72,6 | 46,4 | 26,2 |
| 880 | 275 | 261 | | | 26,4 | 63,5 | 44,9 | 73,0 | 47,2 | 27,1 |
| 900 | 280 | 266 | (104) | | 27,1 | 63,8 | 45,3 | 73,4 | 47,8 | 27,9 |
| 915 | 285 | 271 | | | 27,8 | 64,2 | 46,0 | 73,8 | 48,4 | 28,7 |
| 930 | 290 | 276 | (105) | | 28,5 | 64,5 | 46,5 | 74,2 | 49,0 | 29,5 |
| 950 | 295 | 280 | | | 29,2 | 64,8 | 47,1 | 74,6 | 49,7 | 30,4 |
| 965 | 300 | 285 | | | 29,8 | 65,2 | 47,5 | 74,9 | 50,2 | 31,1 |
| 995 | 310 | 295 | | | 31,0 | 65,8 | 48,4 | 75,6 | 51,3 | 32,5 |
| 1030 | 320 | 304 | | | 32,2 | 66,4 | 49,4 | 76,2 | 52,3 | 33,9 |
| 1060 | 330 | 314 | | | 33,3 | 67,0 | 50,2 | 76,8 | 53,6 | 35,2 |
| 1095 | 340 | 323 | | | 34,4 | 67,6 | 51,1 | 77,4 | 54,4 | 36,5 |
| 1125 | 350 | 333 | | | 35,5 | 68,1 | 51,9 | 78,0 | 55,4 | 37,8 |
| 1155 | 360 | 342 | | | 36,6 | 68,7 | 52,8 | 78,6 | 56,4 | 39,1 |
| 1190 | 370 | 352 | | | 37,7 | 69,2 | 53,6 | 79,2 | 57,4 | 40,4 |
| 1220 | 380 | 361 | | | 38,8 | 69,8 | 54,4 | 79,8 | 58,4 | 41,7 |
| 1255 | 390 | 371 | | | 39,8 | 70,3 | 55,3 | 80,3 | 59,3 | 42,9 |
| 1290 | 400 | 380 | | | 40,8 | 70,8 | 56,0 | 80,8 | 60,2 | 44,1 |

| Zug-festigkeit MPa (=N/mm²) | Vickers-härte | Brinell-härte | Rockwellhärte | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | HV10 | HB [a] | HRB | HRF | HRC | HRA | HRD | HR15N | HR30N | HR45N |
| 1320 | 410 | 390 | | | 41,8 | 71,4 | 56,8 | 81,4 | 61,1 | 45,3 |
| 1350 | 420 | 399 | | | 42,7 | 71,8 | 57,5 | 81,8 | 61,9 | 46,4 |
| 1385 | 430 | 409 | | | 43,6 | 72,3 | 58,2 | 82,3 | 62,7 | 47,4 |
| 1420 | 440 | 418 | | | 44,5 | 72,8 | 58,8 | 82,8 | 63,5 | 48,4 |
| 1455 | 450 | 428 | | | 45,3 | 73,3 | 59,4 | 83,2 | 64,3 | 49,4 |
| 1485 | 460 | 437 | | | 46,1 | 73,6 | 60,1 | 83,6 | 64,9 | 50,4 |
| 1520 | 470 | 447 | | | 46,9 | 74,1 | 60,7 | 83,9 | 65,7 | 51,3 |
| 1555 | 480 | 456 | | | 47,7 | 74,5 | 61,3 | 84,3 | 66,4 | 52,2 |
| 1595 | 490 | 466 | | | 48,4 | 74,9 | 61,6 | 84,7 | 67,1 | 53,1 |
| 1630 | 500 | 475 | | | 49,1 | 75,3 | 62,2 | 85,0 | 67,7 | 53,9 |
| 1665 | 510 | 485 | | | 49,8 | 75,7 | 62,9 | 85,4 | 68,3 | 54,7 |
| 1700 | 520 | 494 | | | 50,5 | 76,1 | 63,5 | 85,7 | 69,0 | 55,6 |
| 1740 | 530 | 504 | | | 51,1 | 76,4 | 63,9 | 86,0 | 69,5 | 56,2 |
| 1775 | 540 | 513 | | | 51,7 | 76,7 | 64,4 | 86,3 | 70,0 | 57,0 |
| 1810 | 550 | 523 | | | 52,3 | 77,0 | 64,8 | 86,6 | 70,5 | 57,8 |
| 1845 | 560 | 532 | | | 53,0 | 77,4 | 65,4 | 86,9 | 71,2 | 58,6 |
| 1880 | 570 | 542 | | | 53,6 | 77,8 | 65,8 | 87,2 | 71,7 | 59,3 |
| 1920 | 580 | 551 | | | 54,1 | 78,0 | 66,2 | 87,5 | 72,1 | 59,9 |
| 1955 | 590 | 561 | | | 54,7 | 78,4 | 66,7 | 87,8 | 72,7 | 60,5 |
| 1995 | 600 | 570 | | | 55,2 | 78,6 | 67,0 | 88,0 | 73,2 | 61,2 |
| 2030 | 610 | 580 | | | 55,7 | 78,9 | 67,5 | 88,2 | 73,7 | 61,7 |
| 2070 | 620 | 589 | | | 56,3 | 79,2 | 67,9 | 88,5 | 74,2 | 62,4 |
| 2105 | 630 | 599 | | | 56,8 | 79,5 | 68,3 | 88,8 | 74,6 | 63,0 |
| 2145 | 640 | 608 | | | 57,3 | 79,8 | 68,7 | 89,0 | 75,1 | 63,5 |
| 2180 | 650 | 618 | | | 57,8 | 80,0 | 69,0 | 89,2 | 75,5 | 64,1 |
| | 660 | | | | 58,3 | 80,3 | 69,4 | 89,5 | 75,9 | 64,7 |
| | 670 | | | | 58,8 | 80,6 | 69,8 | 89,7 | 76,4 | 65,3 |
| | 680 | | | | 59,2 | 80,8 | 70,1 | 89,8 | 76,8 | 65,7 |
| | 690 | | | | 59,7 | 81,1 | 70,5 | 90,1 | 77,2 | 66,2 |
| | 700 | | | | 60,1 | 81,3 | 70,8 | 90,3 | 77,6 | 66,7 |
| | 720 | | | | 61,0 | 81,8 | 71,5 | 90,7 | 78,4 | 67,7 |
| | 740 | | | | 61,8 | 82,2 | 72,1 | 91,0 | 79,1 | 68,6 |
| | 760 | | | | 62,5 | 82,6 | 72,6 | 91,2 | 79,7 | 69,4 |
| | 780 | | | | 63,3 | 83,0 | 73,3 | 91,5 | 80,4 | 70,2 |
| | 800 | | | | 64,0 | 83,4 | 73,8 | 91,8 | 81,1 | 71,0 |
| | 820 | | | | 64,7 | 83,8 | 74,3 | 92,1 | 81,7 | 71,8 |
| | 840 | | | | 65,3 | 84,1 | 74,8 | 92,3 | 82,2 | 72,2 |
| | 860 | | | | 65,9 | 84,4 | 75,3 | 92,5 | 82,7 | 73,1 |
| | 880 | | | | 66,4 | 84,7 | 75,7 | 92,7 | 83,1 | 73,6 |
| | 900 | | | | 67,0 | 85,0 | 76,1 | 92,9 | 83,6 | 74,2 |
| | 920 | | | | 67,5 | 85,3 | 76,5 | 93,0 | 84,0 | 74,8 |
| | 940 | | | | 68,0 | 85,6 | 76,9 | 93,2 | 84,4 | 75,4 |

**Anmerkung:** Die eingeklammerten Zahlen sind Härtewerte, die außerhalb des Definitionsbereiches der genormten Härteprüfverfahren liegen, praktisch jedoch vielfach als Näherungswerte benutzt werden.

[a] Die Brinellhärtewerte bis 450 HB wurden mit der Stahlkugel als Eindringkörper bestimmt, die darüber liegenden mit der Hartmetallkugel.



# Allgemeines



# 2 Schaftformen für Werkzeuge



Seite


## 2.1 Schäfte und Vierkante für Gewindewerkzeuge . . . . . 40

2.1.1 DIN 10 Vierkante von Zylinderschäften für rotierende Werkzeuge . . . . . 40
2.1.2 ISO 237 Schaftdurchmesser und Vierkante für rotierende Werkzeuge mit Zylinderschaft . . . . . 41
2.1.3 ASME B94.9 Schaftdurchmesser und Vierkante für Gewindewerkzeuge nach US-Norm . . . . . 42

## 2.2 Übersicht Zylinderschäfte für Bohr- und Fräswerkzeuge . . . . . 43

2.2.1 DIN 1835-1 Zylinderschäfte für Fräser aus Schnellarbeitsstahl . . . . . 44
2.2.2 DIN 6535 Zylinderschäfte für Spiralbohrer und Fräser aus Hartmetall . . . . 46
2.2.3 ASME B94.19 Zylinderschäfte für Fräser, nach US-Norm . . . . . 47

## 2.3 Übersicht Morsekegelschäfte und Stellhülsenschäfte . . . . . 48

2.3.1 DIN 228-1 Morsekegel . . . . . 50
2.3.2 DIN 2207 Werkzeugschäfte für Frässpindelköpfe nach DIN 2201 . . . . . 51
2.3.3 ASME B5.10 Selbsthemmender Kegelschaft mit Austreiblappen, nach US-Norm . . . . . 52
2.3.4 DIN 6327-1 Stellhülsen mit Werkzeugkegel . . . . . 53
2.3.5 ASME B5.11 Stellhülsenschäfte mit Werkzeugkegel, nach US-Norm . . . . . 54
2.3.6 DIN 69880-1 (VDI 3425) Werkzeughalter mit Zylinderschaft . . . . . 55

## 2.4 Übersicht Steilkegelschäfte . . . . . 56

2.4.1 DIN 2080-1 Steilkegelschäfte . . . . . 58
2.4.2 ANSI B5.18 Steilkegelschäfte, nach US-Norm . . . . . 59
2.4.3 DIN 69871-1 Steilkegelschäfte für automatischen Werkzeugwechsel . . . . . 60
2.4.4 ASME B5.50 Steilkegelschäfte für automatischen Werkzeugwechsel, nach US-Norm . . . . . 62
2.4.5 JIS B 6339 Steilkegelschäfte für automatischen Werkzeugwechsel, nach japanischer Norm . . . . . 63

## 2.5 Übersicht Kegel-Hohlschäfte mit Plananlage (HSK) . . . . . 64

2.5.1 DIN 69893-1 Kegel-Hohlschäfte mit Plananlage, Standardausführung . . . . . 66
2.5.2 DIN 69893-2 Kegel-Hohlschäfte mit Plananlage und Kühlschmierstoffzuführung über den Bund . . . . . 70
2.5.3 DIN 69893-6 Kegel-Hohlschäfte mit Plananlage . . . . . 73
2.5.4 DIN 69893-5 Kegel-Hohlschäfte mit Plananlage, für Hochgeschwindigkeitsbearbeitung . . . . . 75

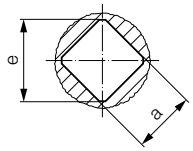


# Schaftformen für Werkzeuge

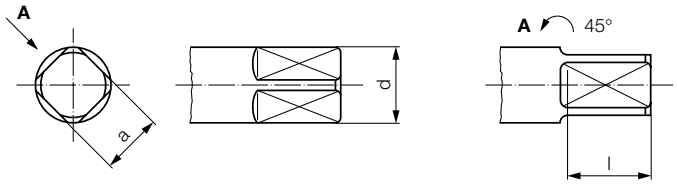
## 2.1 Schäfte und Vierkante für Gewindewerkzeuge

### 2.1.1 DIN 10 (Auszug)
### Vierkante von Zylinderschäften für rotierende Werkzeuge

**Innenvierkante**




**Außenvierkante**




| Nennmaß | Innenvierkant | | | Außenvierkant | | | Schaftdurchmesserbereich | | Vorzugsschaftdurchm. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a | a | | e | a | | l [1] | d | | d |
| | max. | min. | min. | max. | min. | js16 [2] | über | bis | |
| 2,1 | 2,260 | 2,120 | 2,89 | 2,100 | 2,010 | 5 | 2,47 | 2,83 | 2,5; 2,8 |
| 2,4 | 2,560 | 2,420 | 3,27 | 2,400 | 2,310 | 5 | 2,83 | 3,20 | – |
| 2,7 | 2,860 | 2,720 | 3,67 | 2,700 | 2,610 | 6 | 3,20 | 3,60 | 3,5 |
| 3,0 | 3,160 | 3,020 | 4,08 | 3,000 | 2,910 | 6 | 3,60 | 4,01 | 4 |
| 3,4 | 3,610 | 3,430 | 4,60 | 3,400 | 3,280 | 6 | 4,01 | 4,53 | 4,5 |
| 3,8 | 4,010 | 3,830 | 5,15 | 3,800 | 3,680 | 7 | 4,53 | 5,08 | 5 |
| 4,3 | 4,510 | 4,330 | 5,86 | 4,300 | 4,180 | 7 | 5,08 | 5,79 | 5,5 |
| 4,9 | 5,110 | 4,930 | 6,61 | 4,900 | 4,780 | 8 | 5,79 | 6,53 | 6 |
| 5,5 | 5,710 | 5,530 | 7,41 | 5,500 | 5,380 | 8 | 6,53 | 7,33 | 7 |
| 6,2 | 6,460 | 6,240 | 8,35 | 6,200 | 6,050 | 9 | 7,33 | 8,27 | 8 |
| 7 | 7,260 | 7,040 | 9,54 | 7,000 | 6,850 | 10 | 8,27 | 9,46 | 9 |
| 8 | 8,260 | 8,040 | 10,77 | 8,000 | 7,850 | 11 | 9,46 | 10,67 | 10 |
| 9 | 9,260 | 9,040 | 12,10 | 9,000 | 8,850 | 12 | 10,67 | 12,00 | 11; 12 |
| 10 | 10,260 | 10,040 | 13,43 | 10,000 | 9,850 | 13 | 12,00 | 13,33 | – |
| 11 | 11,320 | 11,050 | 14,77 | 11,000 | 10,820 | 14 | 13,33 | 14,67 | 14 |
| 12 | 12,320 | 12,050 | 16,10 | 12,000 | 11,820 | 15 | 14,67 | 16,00 | 16 |
| 13 | 13,320 | 13,050 | 17,43 | 13,000 | 12,820 | 16 | 16,00 | 17,33 | – |
| 14,5 | 14,820 | 14,550 | 19,44 | 14,500 | 14,320 | 17 | 17,33 | 19,33 | 18 |
| 16 | 16,320 | 16,050 | 21,44 | 16,000 | 15,820 | 19 | 19,33 | 21,33 | 20 |
| 18 | 18,320 | 18,050 | 24,11 | 18,000 | 17,820 | 21 | 21,33 | 24,00 | 22 |
| 20 | 20,395 | 20,065 | 26,78 | 20,000 | 19,790 | 23 | 24,00 | 26,67 | 25 |
| 22 | 22,395 | 22,065 | 29,44 | 22,000 | 21,790 | 25 | 26,67 | 29,33 | 28 |
| 24 | 24,395 | 24,065 | 32,12 | 24,000 | 23,790 | 27 | 29,33 | 32,00 | 32 |
| 26 | 26,395 | 26,065 | 34,79 | 26,000 | 25,790 | 29 | 32,00 | 34,67 | – |
| 29 | 29,395 | 29,065 | 38,79 | 29,000 | 28,790 | 32 | 34,67 | 38,67 | 36 |
| 32 | 32,470 | 32,080 | 42,80 | 32,000 | 31,750 | 35 | 38,67 | 42,67 | 40 |
| 35 | 35,470 | 35,080 | 46,80 | 35,000 | 34,750 | 38 | 42,67 | 46,67 | 45 |
| 39 | 39,470 | 39,080 | 52,20 | 39,000 | 38,750 | 42 | 46,67 | 52,06 | 50 |
| 44 | 44,470 | 44,080 | 58,81 | 44,000 | 43,750 | 47 | 52,06 | 58,67 | 56 |
| 49 | 49,470 | 49,080 | 65,48 | 49,000 | 48,750 | 52 | 58,67 | 65,33 | 63 |
| 55 | 55,560 | 55,100 | 73,48 | 55,000 | 54,700 | 58 | 65,33 | 73,33 | 70 |
| 61 | 61,560 | 61,100 | 81,50 | 61,000 | 60,700 | 64 | 73,33 | 81,33 | 80 |
| 68 | 68,560 | 68,100 | 90,83 | 68,000 | 67,700 | 71 | 81,33 | 90,66 | 90 |
| 76 | 76,560 | 76,100 | 101,51 | 76,000 | 75,700 | 79 | 90,66 | 101,33 | 100 |

[1] Zum Zweck der genauen Positionierung kann eine Fläche des Vierkantes länger sein als das Maß „l“.

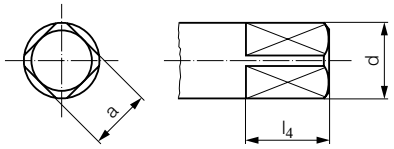
[2] Gilt nicht für handbetätigte Werkzeuge.

Alle Maße in mm



## 2.1.2 ISO 237 (Auszug) Schaftdurchmesser und Vierkante für rotierende Werkzeuge mit Zylinderschaft

(in Europa sinkende Bedeutung für Gewindewerkzeuge)



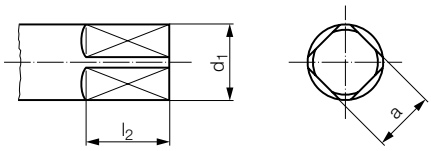

| Vierkant | | Schaftdurchmesser d | | |
|---|---|---|---|---|
| Nennmaß a h12 | $l_4$ | Vorzugs-durchmesser | Durchmesser-bereich über | bis |
| 0,9 | 4 | 1,12 | 1,06 | 1,18 |
| 1 | 4 | 1,25 | 1,18 | 1,32 |
| 1,12 | 4 | 1,40 | 1,32 | 1,50 |
| 1,25 | 4 | 1,60 | 1,50 | 1,70 |
| 1,4 | 4 | 1,80 | 1,70 | 1,90 |
| 1,6 | 4 | 2,00 | 1,90 | 2,12 |
| 1,8 | 4 | 2,24 | 2,12 | 2,36 |
| 2 | 4 | 2,50 | 2,36 | 2,65 |
| 2,24 | 5 | 2,80 | 2,65 | 3,00 |
| 2,5 | 5 | 3,15 | 3,00 | 3,35 |
| 2,8 | 5 | 3,55 | 3,35 | 3,75 |
| 3,15 | 6 | 4,00 | 3,75 | 4,25 |
| 3,55 | 6 | 4,50 | 4,25 | 4,75 |
| 4 | 7 | 5,00 | 4,75 | 5,30 |
| 4,5 | 7 | 5,60 | 5,30 | 6,00 |
| 5 | 8 | 6,30 | 6,00 | 6,70 |
| 5,6 | 8 | 7,10 | 6,70 | 7,50 |
| 6,3 | 9 | 8,00 | 7,50 | 8,50 |
| 7,1 | 10 | 9,00 | 8,50 | 9,50 |
| 8 | 11 | 10,00 | 9,50 | 10,60 |
| 9 | 12 | 11,20 | 10,60 | 11,80 |
| 10 | 13 | 12,50 | 11,80 | 13,20 |
| 11,2 | 14 | 14,00 | 13,20 | 15,00 |
| 12,5 | 16 | 16,00 | 15,00 | 17,00 |
| 14 | 18 | 18,00 | 17,00 | 19,00 |
| 16 | 20 | 20,00 | 19,00 | 21,20 |
| 18 | 22 | 22,40 | 21,20 | 23,60 |
| 20 | 24 | 25,00 | 23,60 | 26,50 |
| 22,4 | 26 | 28,00 | 26,50 | 30,00 |
| 25 | 28 | 31,50 | 30,00 | 33,50 |
| 28 | 31 | 35,50 | 33,50 | 37,50 |
| 31,5 | 34 | 40,00 | 37,50 | 42,50 |
| 35,5 | 38 | 45,00 | 42,50 | 47,50 |
| 40 | 42 | 50,00 | 47,50 | 53,00 |
| 45 | 46 | 56,00 | 53,00 | 60,00 |
| 50 | 51 | 63,00 | 60,00 | 67,00 |
| 56 | 56 | 71,00 | 67,00 | 75,00 |
| 63 | 62 | 80,00 | 75,00 | 85,00 |
| 71 | 68 | 90,00 | 85,00 | 95,00 |
| 80 | 75 | 100,00 | 95,00 | 106,00 |

Alle Maße in mm



# Schaftformen für Werkzeuge

## 2.1.3 ASME B94.9 (Auszug) Schaftdurchmesser und Vierkante für Gewindewerkzeuge nach US-Norm




| Schaft-durchmesser $d_1$ | Vierkant | |
|---|---|---|
| | a | Vierkantlänge $l_2$ |
| 0,1410 | 0,110 | 0,19 |
| 0,1680 | 0,131 | 0,25 |
| 0,1940 | 0,152 | 0,25 |
| 0,2200 | 0,165 | 0,28 |
| 0,2550 | 0,191 | 0,31 |
| 0,3125[1)] | 0,234 | 0,38 |
| 0,3180 | 0,238 | 0,38 |
| 0,3230 | 0,242 | 0,41 |
| 0,3670 | 0,275 | 0,44 |
| 0,3810 | 0,286 | 0,44 |
| 0,4290 | 0,322 | 0,50 |
| 0,4375[1)] | 0,328 | 0,38 |
| 0,4800 | 0,360 | 0,56 |
| 0,5420 | 0,406 | 0,63 |
| 0,5625[1)] | 0,421 | 0,44 |
| 0,5900 | 0,442 | 0,69 |
| 0,6520 | 0,489 | 0,69 |
| 0,6875[1)] | 0,515 | 0,63 |
| 0,6970 | 0,523 | 0,75 |
| 0,7000[1)] | 0,531 | 0,50 |
| 0,8000 | 0,600 | 0,81 |
| 0,8960 | 0,672 | 0,88 |
| 0,9063[1)] | 0,679 | 0,69 |
| 1,0210 | 0,766 | 1,00 |
| 1,1080 | 0,831 | 1,06 |
| 1.1250[1)] | 0,843 | 0,81 |
| 1,2330 | 0,925 | 1,13 |
| 1,3050 | 0,979 | 1,13 |
| 1,4300 | 1,072 | 1,25 |
| 1,5190 | 1,139 | 1,25 |
| 1,6440 | 1,233 | 1,38 |

1) NPT/NPTF-Gewinde

Alle Maße in inch

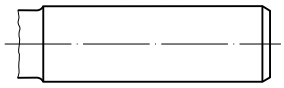


## 2.2 Übersicht Zylinderschäfte für Bohr- und Fräswerkzeuge

### DIN 1835-1 für Fräser aus Schnellarbeitsstahl

**Form A**

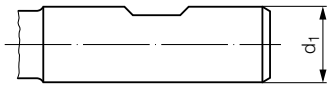
Glatter Zylinderschaft



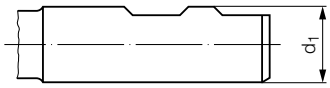
**Form B**

Zylinderschaft mit seitlicher Mitnahmefläche

**mit einer Mitnahmefläche**
für $d_1$ = 6 bis 20 mm

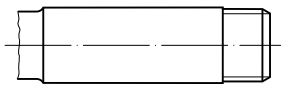



**mit zwei Mitnahmeflächen**
für $d_1$ = 25 bis 63 mm



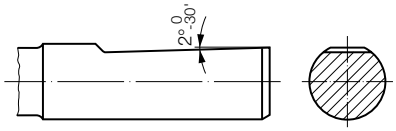

**Form D**

Zylinderschaft mit Anzugsgewinde



**Form E**

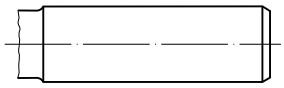
Zylinderschaft mit geneigter Spannfläche




### DIN 6535 für Spiralbohrer und Fräser aus Hartmetall

**Form HA**

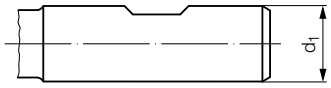
Glatter Zylinderschaft



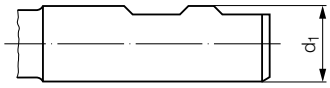
**Form HB**

Zylinderschaft mit seitlicher Mitnahmefläche

**mit einer Mitnahmefläche**
für $d_1$ = 6 bis 20 mm

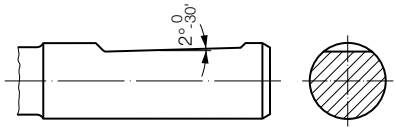


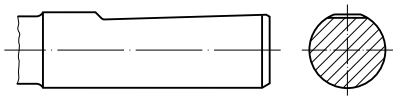

**mit zwei Mitnahmeflächen**
für $d_1$ = 25 und 32 mm




**Form HE**

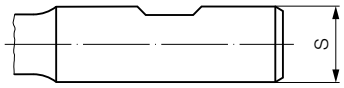
Zylinderschaft mit geneigter Spannfläche



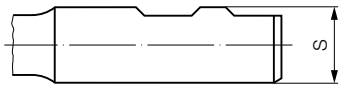



### ASME B94.19 für Fräser nach US-Norm

**mit einer Mitnahmefläche**
für S = 3/8 bis 3/4 in




**mit zwei Mitnahmeflächen**
für S = 7/8 bis 2 1/2 in

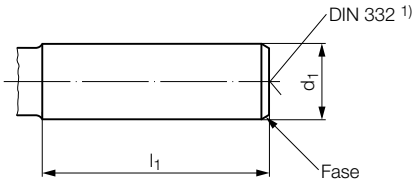




# Schaftformen für Werkzeuge

## 2.2.1 DIN 1835-1 (Auszug) Zylinderschäfte für Fräser aus Schnellarbeitsstahl

**Form A** Glatter Zylinderschaft




| $d_1$ h8 | $l_1$ +2 0 | $d_1$ h8 | $l_1$ +2 0 |
|---|---|---|---|
| 3 | 28 | 16 | 48 |
| 4 | | 20 | 50 |
| 5 | | 25 | 56 |
| 6 | 36 | 32 | 60 |
| 8 | | 40 | 70 |
| 10 | 40 | 50 | 80 |
| 12 | 45 | 63 | 90 |

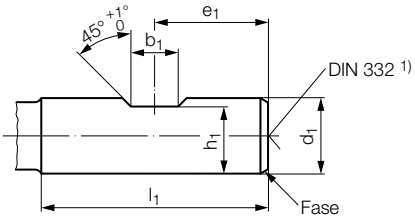
1) Zentrierbohrung Form R oder Form A nach DIN 332-1 nach Wahl des Herstellers.

Bezeichnung eines glatten Zylinderschaftes Form A, mit Durchmesser $d_1$ = 12 mm:

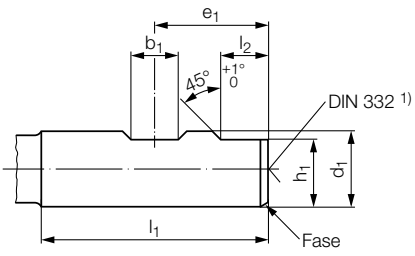
*Zylinderschaft DIN 1835 – A 12*

**Form B** Zylinderschaft mit seitlicher Mitnahmefläche

**mit einer Mitnahmefläche**
für $d_1$ = 6 bis 20 mm




**mit zwei Mitnahmeflächen**
für $d_1$ = 25 bis 63 mm




| $d_1$ h6 | $b_1$ +0,05 0 | $e_1$ 0 -1 | $h_1$ h13 | $l_1$ +2 0 | $l_2$ +1 0 |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 4,2 | 18 | 4,8 | 36 | – |
| 8 | 5,5 | | 6,6 | | |
| 10 | 7 | 20 | 8,4 | 40 | |
| 12 | 8 | 22,5 | 10,4 | 45 | |
| 16 | 10 | 24 | 14,2 | 48 | |
| 20 | 11 | 25 | 18,2 | 50 | |
| 25 | 12 | 32 | 23 | 56 | 17 |
| 32 | 14 | 36 | 30 | 60 | 19 |
| 40 | | 40 | 38 | 70 | |
| 50 | 18 | 45 | 47,8 | 80 | 23 |
| 63 | | 50 | 60,8 | 90 | |

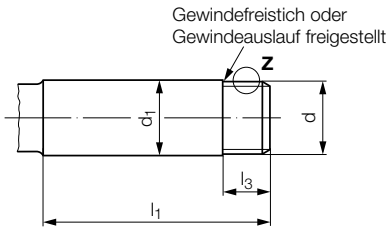
1) Zentrierbohrung Form R oder Form A nach DIN 332-1 nach Wahl des Herstellers.

Bezeichnung eines Zylinderschaftes mit seitlicher Mitnahmefläche Form B, mit Durchmesser $d_1$ = 10 mm:

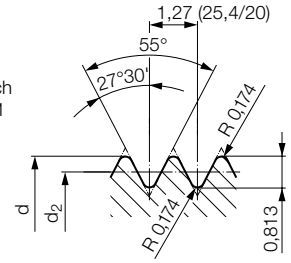
*Zylinderschaft DIN 1835 – B 10*

# Schaftformen für Werkzeuge

## Form D Zylinderschaft mit Anzugsgewinde




z
Gewindeprofil nach
DIN EN ISO 228-1



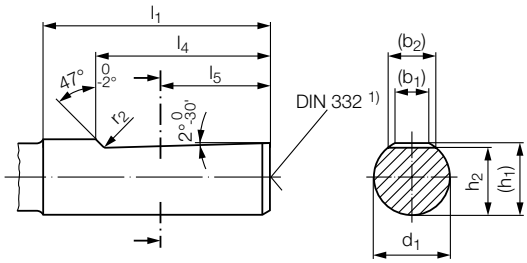

| $d_1$ h8 | d 2) | Grenz-abmaße | $d_2$ | Grenz-abmaße | $l_1$ +2 0 | $l_3$ +2 0 | Zentrierbohr. Form A nach DIN 332-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 5,9 | 0 -0,1 | 5,087 | 0 -0,1 | 36 | 10 | 1,6 x 2,5 |
| 10 | 9,9 | | 9,087 | | 40 | | 1,6 x 3,35 |
| 12 | 11,9 | | 11,087 | | 45 | | |
| 16 | 15,9 | | 15,087 | | 48 | | 2,0 x 4,25 |
| 20 | 19,9 | 0 -0,15 | 19,087 | 0 -0,15 | 50 | 15 | 2,5 x 5,3 |
| 25 | 24,9 | | 24,087 | | 56 | | |
| 32 | 31,9 | | 31,087 | | 60 | | 3,15 x 6,7 |

2) Bei rechtsschneidenden Fräsern: Rechtsgewinde. Bei linksschneidenden Fräsern: Linksgewinde. Die Bezeichnung wird mit dem Kennbuchstaben L ergänzt, z.B. Zylinderschaft DIN 1835-D 16 L.

Bezeichnung eines Zylinderschaftes mit Anzugsgewinde Form D, mit Durchmesser $d_1$ = 16 mm für rechtsschneidende Werkzeuge:

*Zylinderschaft DIN 1835 – D 16*

## Form E Zylinderschaft mit geneigter Spannfläche




| $d_1$ h6 | $(b_1)$ ≈ | $(b_2)$ ≈ | $(h_1)$ ≈ | $h_2$ h13 | $l_1$ +2 0 | $l_4$ 0 -1 | $l_5$ Nenn-maß | $r_2$ min. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 3,5 | 4,8 | 5,4 | 4,8 | 36 | 25 | 18 | 1,2 |
| 8 | 4,7 | 6,1 | 7,2 | 6,6 | | | | |
| 10 | 5,7 | 7,3 | 9,1 | 8,4 | 40 | 28 | 20 | |
| 12 | 6,0 | 8,2 | 11,2 | 10,4 | 45 | 33 | 22,5 | |
| 16 | 7,6 | 10,1 | 15,0 | 14,2 | 48 | 36 | 24 | 1,6 |
| 20 | 8,4 | 11,5 | 19,1 | 18,2 | 50 | 38 | 25 | |
| 25 | 9,3 | 13,6 | 24,1 | 23,0 | 56 | 44 | 32 | |
| 32 | 9,9 | 15,5 | 31,2 | 30,0 | 60 | 48 | 35 | |

1) Zentrierbohrung Form R oder Form A nach DIN 332-1 nach Wahl des Herstellers.

Bezeichnung eines Zylinderschaftes mit geneigter Spannfläche Form E, mit Durchmesser $d_1$ = 20 mm:

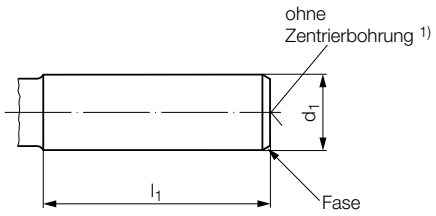
*Zylinderschaft DIN 1835 – E 20*



# Schaftformen für Werkzeuge

## 2.2.2 DIN 6535 (Auszug) Zylinderschäfte für Spiralbohrer und Fräser aus Hartmetall

**Form HA** Glatter Zylinderschaft




| $d_1$ h6 | $l_1$ +2 0 | $d_1$ h6 | $l_1$ +2 0 |
|---|---|---|---|
| 2 | 28 | 12 | 45 |
| 3 | | 14 | |
| 4 | | 16 | 48 |
| 5 | | 18 | |
| 6 | 36 | 20 | 50 |
| 8 | | 25 | 56 |
| 10 | 40 | 32 | 60 |

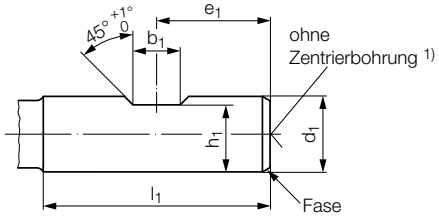
1) Bei angelötetem Schaft aus Stahl kann nach Wahl des Herstellers eine Zentrierbohrung Form R oder Form A nach DIN 332-1 angebracht werden.

Bezeichnung eines glatten Zylinderschaftes Form HA, mit Durchmesser $d_1$ = 12 mm:

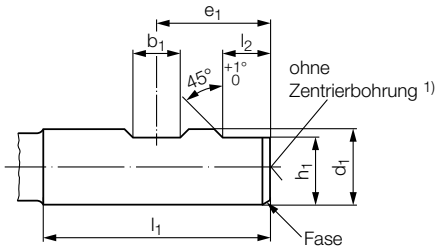
*Zylinderschaft DIN 6535 – HA 12*

**Form HB** Zylinderschaft mit seitlicher Mitnahmefläche

**mit einer Mitnahmefläche**
für $d_1$ = 6 bis 20 mm




**mit zwei Mitnahmeflächen**
für $d_1$ = 25 und 32 mm




| $d_1$ h6 | $b_1$ +0,05 0 | $e_1$ 0 -1 | $h_1$ h11 | $l_1$ +2 0 | $l_2$ +1 0 |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 4,2 | 18 | 5,1 | 36 | – |
| 8 | 5,5 | | 6,9 | | |
| 10 | 7 | 20 | 8,5 | 40 | |
| 12 | 8 | 22,5 | 10,4 | 45 | |
| 14 | | | 12,7 | | |
| 16 | 10 | 24 | 14,2 | 48 | |
| 18 | | | 16,2 | | |
| 20 | 11 | 25 | 18,2 | 50 | |
| 25 | 12 | 32 | 23,0 | 56 | 17 |
| 32 | 14 | 36 | 30,0 | 60 | 19 |

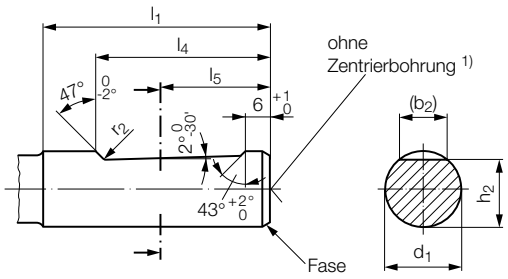
1) Bei angelötetem Schaft aus Stahl kann nach Wahl des Herstellers eine Zentrierbohrung Form R oder Form A nach DIN 332-1 angebracht werden.

Bezeichnung eines Zylinderschaftes mit seitlicher Mitnahmefläche Form HB, mit Durchmesser $d_1$ = 12 mm:

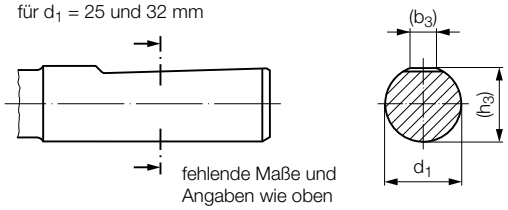
*Zylinderschaft DIN 6535 – HB 12*

**Form HE** Zylinderschaft mit geneigter Spannfläche

für $d_1$ = 6 bis 20 mm




für $d_1$ = 25 und 32 mm




fehlende Maße und Angaben wie oben

| $d_1$ h6 | $(b_2)$ ≈ | $(b_3)$ | $h_2$ h11 | $(h_3)$ | $l_1$ +2 0 | $l_4$ 0 -1 | $l_5$ Nenn-maß | $r_2$ min. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 4,3 | – | 5,1 | – | 36 | 25 | 18 | 1,2 |
| 8 | 5,5 | – | 6,9 | – | | | | |
| 10 | 7,1 | – | 8,5 | – | 40 | 28 | 20 | |
| 12 | 8,2 | – | 10,4 | – | 45 | 33 | 22,5 | |
| 14 | 8,1 | – | 12,7 | – | | | | |
| 16 | 10,1 | – | 14,2 | – | 48 | 36 | 24 | 1,6 |
| 18 | 10,8 | – | 16,2 | – | | | | |
| 20 | 11,4 | – | 18,2 | – | 50 | 38 | 25 | |
| 25 | 13,6 | 9,3 | 23,0 | 24,1 | 56 | 44 | 32 | |
| 32 | 15,5 | 9,9 | 30,0 | 31,2 | 60 | 48 | 35 | |

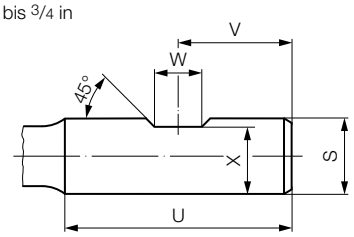
1) Bei angelötetem Schaft aus Stahl kann nach Wahl des Herstellers eine Zentrierbohrung Form R oder Form A nach DIN 332-1 angebracht werden.

Bezeichnung eines Zylinderschaftes mit geneigter Spannfläche Form HE, mit Durchmesser $d_1$ = 12 mm:

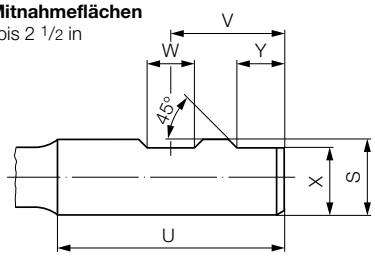
*Zylinderschaft DIN 6535 – HE 12*

## 2.2.3 ASME B94.19 (Auszug) Zylinderschäfte für Fräser nach US-Norm

**mit einer Mitnahmefläche**
für S = 3/8 bis 3/4 in




**mit zwei Mitnahmeflächen**
für S = 7/8 bis 2 1/2 in




| S | U | V | W min. | W max. | X | Y |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3/8 | 1 9/16 | 25/32 | 0,280 | 0,282 | 0,325 | – |
| 1/2 | 1 25/32 | 57/64 | 0,330 | 0,332 | 0,440 | |
| 5/8 | 1 29/32 | 61/64 | 0,400 | 0,402 | 0,560 | |
| 3/4 | 2 1/32 | 1 1/64 | 0,455 | 0,457 | 0,675 | |
| 7/8 | | | | | 0,810 | 1/2 |
| 1 | 2 9/32 | 1 9/64 | 0,515 | 0,517 | 0,925 | |
| 1 1/4 | | | | | 1,156 | |
| 1 1/2 | 2 11/16 | 1 3/16 | | | 1,406 | 9/16 |
| 2 | 3 1/4 | 1 27/32 | 0,700 | 0,702 | 1,900 | 27/32 |
| 2 1/2 | 3 1/2 | 1 15/16 | | | 2,400 | |

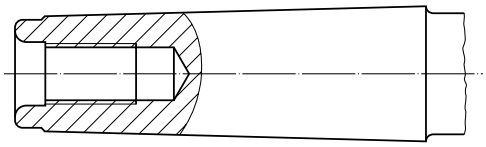
Alle Abmessungen in inch

## 2.3 Übersicht Morsekegelschäfte und Stellhülsenschäfte

**DIN 228-1**

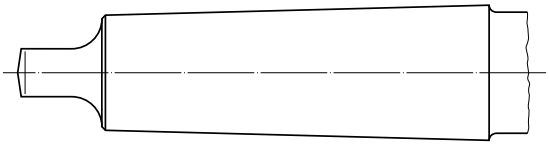
**Form A**

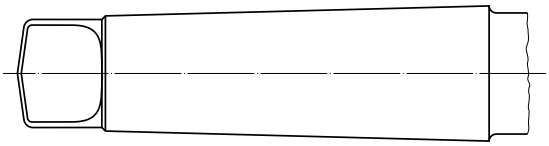
Kegelschaft mit Anzugsgewinde



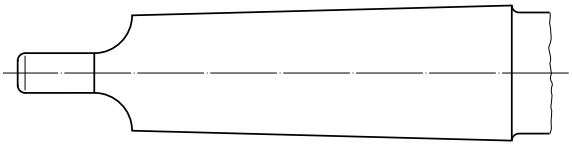
**Form B**

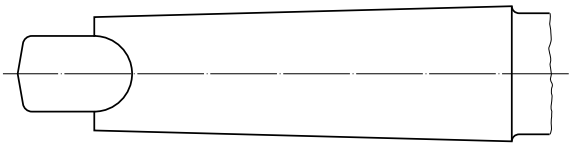
Kegelschaft mit Austreiblappen



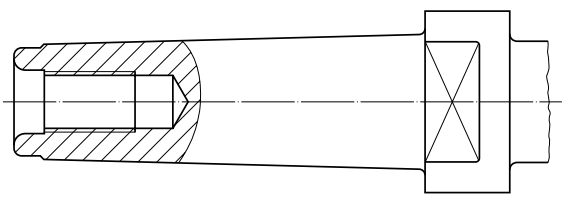


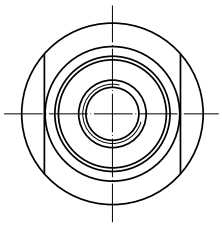
**ASME B5.10**



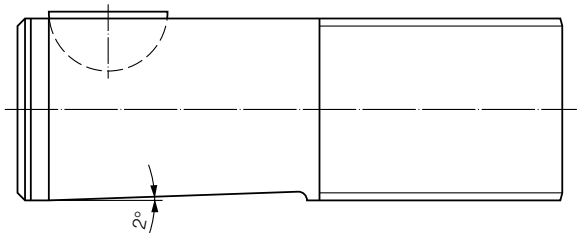


**DIN 2207**

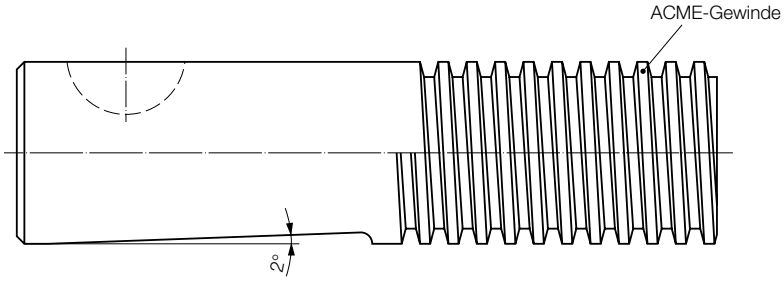




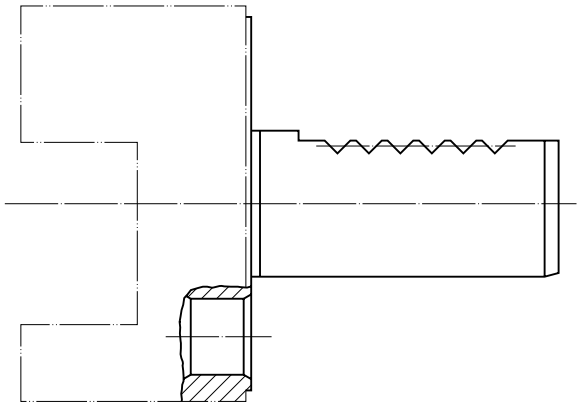
### DIN 6327-1




### ASA B5.11




### DIN 69880-1 (VDI 3425)

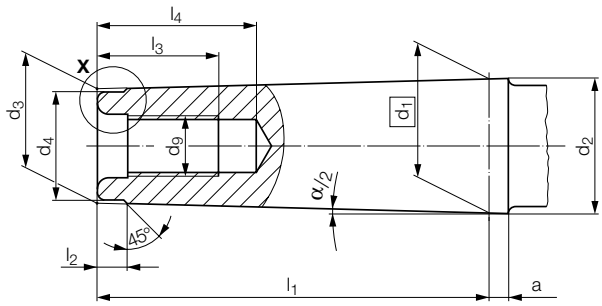




# Schaftformen für Werkzeuge

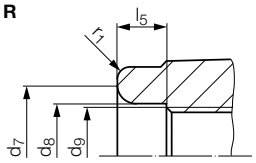
## 2.3.1 DIN 228-1 (Auszug) Morsekegel

**Form A** Kegelschaft mit Anzugsgewinde

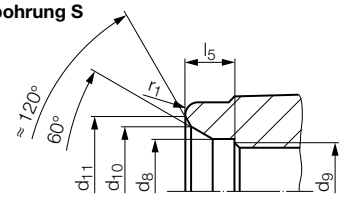



**X** (nach Wahl des Herstellers)

**Zentrierbohrung R**




**Zentrierbohrung S**



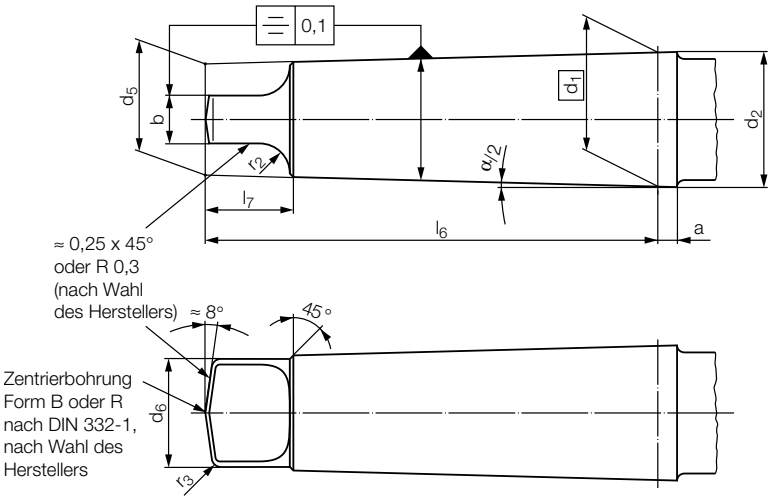

| Kegelschaft Form A | a | Grenz-abmaße | $d_1$ | $d_2$ ≈ | $d_3$ ≈ | $d_4$ max. | $d_7$ max. | $d_8$ | $d_9$ | $d_{10}$ max. | $d_{11}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MK 0 | 3 | $^{+1,2}_{0}$ | 9,045 | 9,2 | 6,4 | 6 | – | – | – | – | – |
| MK 1 | 3,5 | $^{+1,4}_{0}$ | 12,065 | 12,2 | 9,4 | 9 | 8,5 | 6,4 | M 6 | 8 | 8,5 |
| MK 2 | 5 | $^{+1,4}_{0}$ | 17,780 | 18 | 14,6 | 14 | 13,2 | 10,5 | M 10 | 12,5 | 13,2 |
| MK 3 | 5 | $^{+1,7}_{0}$ | 23,825 | 24,1 | 19,8 | 19 | 16 | 13 | M 12 | 15 | 17 |
| MK 4 | 6,5 | $^{+1,9}_{0}$ | 31,267 | 31,6 | 25,9 | 25 | 21,5 | 17 | M 16 | 20 | 22 |
| MK 5 | 6,5 | $^{+1,9}_{0}$ | 44,399 | 44,7 | 37,6 | 35,7 | 26 | 21 | M 20 | 26 | 30 |
| MK 6 | 8 | $^{+2,3}_{0}$ | 63,348 | 63,8 | 53,9 | 51 | 32 | 25 | M 24 | 31 | 36 |

| Kegelschaft Form A | $l_1$ max. | $l_2$ | $l_3$ min. | $l_4$ min. | $l_5$ $^{+0,5}_{0}$ | $r_1$ | $\frac{\alpha}{2}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MK 0 | 50 | 4 | – | – | – | 0,2 | 1° 29' 27" |
| MK 1 | 53,5 | 5 | 16 | 22 | 4 | 0,2 | 1° 25' 43" |
| MK 2 | 64 | 5 | 24 | 31,5 | 5 | 0,2 | 1° 25' 50" |
| MK 3 | 81 | 7 | 24 | 33,5 | 5,5 | 0,6 | 1° 26' 16" |
| MK 4 | 102,5 | 9 | 32 | 42,5 | 8,2 | 1 | 1° 29' 15" |
| MK 5 | 129,5 | 10 | 40 | 52,5 | 10 | 2,5 | 1° 30' 26" |
| MK 6 | 182 | 16 | 47 | 61,5 | 11,5 | 4 | 1° 29' 36" |

Bezeichnung eines Morsekegelschafts (MK) Form A der Größe 4 und Kegelwinkel-Toleranzqualität AT 6:

*Kegelschaft DIN 228 – MK – A 4 AT 6*

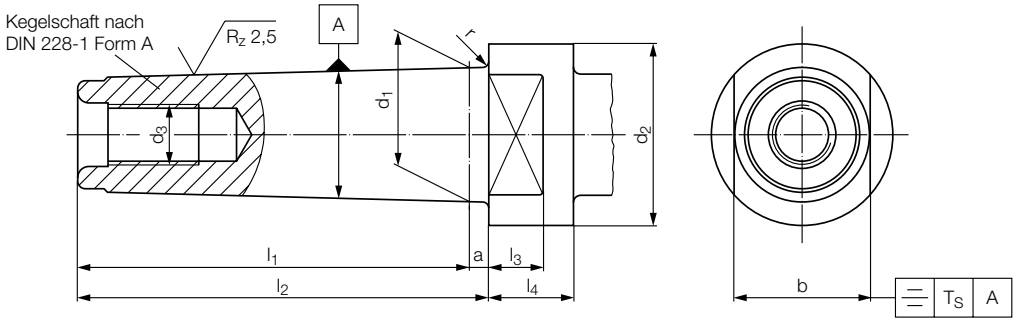
**Form B** Kegelschaft mit Austreiblappen




| Kegelschaft Form B | a | Grenz-abmaße | b h13 | $d_5$ ≈ | $d_6$ max. | $l_6$ 0 -1 | $l_7$ max. | $r_2$ | $r_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MK 0 | 3 | $^{+1,2}_{0}$ | 3,9 | 6,1 | 6 | 56,5 | 10,5 | 4 | 1 |
| MK 1 | 3,5 | $^{+1,4}_{0}$ | 5,2 | 9 | 8,7 | 62 | 13,5 | 5 | 1,2 |
| MK 2 | 5 | $^{+1,4}_{0}$ | 6,3 | 14 | 13,5 | 75 | 16 | 6 | 1,6 |
| MK 3 | 5 | $^{+1,7}_{0}$ | 7,9 | 19,1 | 18,5 | 94 | 20 | 7 | 2 |
| MK 4 | 6,5 | $^{+1,9}_{0}$ | 11,9 | 25,2 | 24,5 | 117,5 | 24 | 8 | 2,5 |
| MK 5 | 6,5 | $^{+1,9}_{0}$ | 15,9 | 36,5 | 35,7 | 149,5 | 29 | 10 | 3 |
| MK 6 | 8 | $^{+2,3}_{0}$ | 19 | 52,4 | 51 | 210 | 40 | 13 | 4 |

## 2.3.2 DIN 2207 (Auszug) Werkzeugschäfte für Frässpindelköpfe nach DIN 2201

Allgemeintoleranzen: DIN ISO 2768 - m




| Kegel nach DIN 228-1 Form A | | $d_3$ | a | b d9 | $d_1$ | $d_2$ | $l_1$ max. | $l_2$ max. | $l_3$ | $l_4$ min. | r | $T_S$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Morsekegel | 3 | M 12 | 5 | 24 | 23,825 | 36 | 81 | 86 | 12 | 18 | 1,6 | 0,06 |
| | 4 | M 16 | 6,5 | 32 | 31,267 | 43 | 102,5 | 109 | 15 | 23 | 1,6 | |
| | 5 | M 20 | 6,5 | 45 | 44,399 | 60 | 129,5 | 136 | 18 | 28 | 2 | |
| | 6 | M 24 | 8 | 65 | 63,348 | 85 | 182 | 190 | 25 | 39 | 3 | |

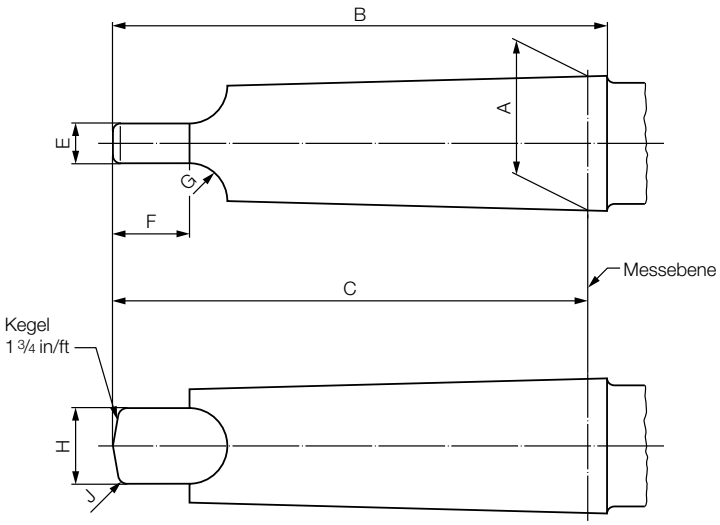
Bezeichnung eines Werkzeugschafts mit Morsekegel (MK) Form A, der Größe 5:

*Werkzeugschaft DIN 2207 – MK – A 5*



# Schaftformen für Werkzeuge

## 2.3.3 ASME B5.10 (Auszug) Selbsthemmender Kegelschaft mit Austreiblappen, nach US-Norm

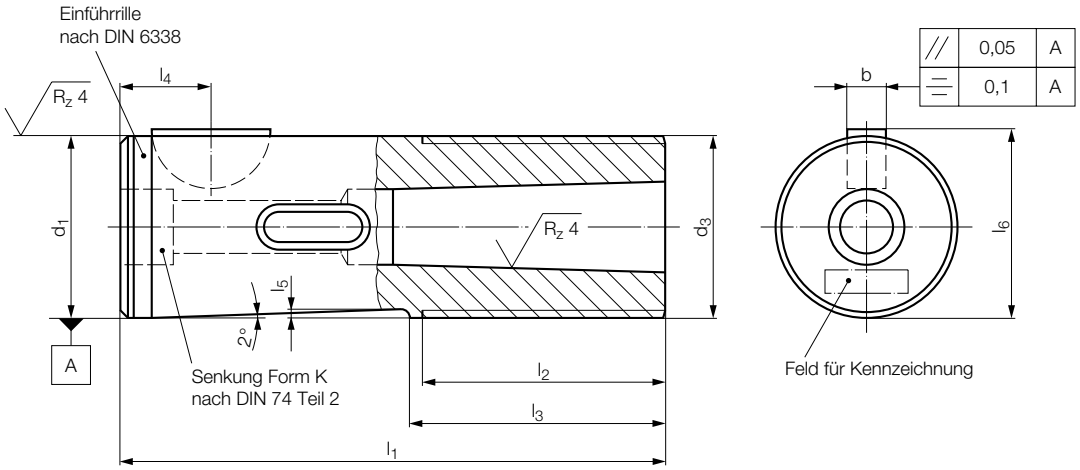



| Größe | Austreiblappen | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | E | F | G | H | J |
| 0,239 | 0,23922 | 1,28 | 1,19 | 0,125 | 0,19 | 0,19 | 0,18 | 0,03 |
| 0,299 | 0,29968 | 1,59 | 1,50 | 0,156 | 0,25 | 0,19 | 0,22 | 0,03 |
| 0,375 | 0,37525 | 1,97 | 1,88 | 0,188 | 0,31 | 0,19 | 0,28 | 0,05 |
| 1 | 0,47500 | 2,56 | 2,44 | 0,203 | 0,38 | 0,19 | 0,34 | 0,05 |
| 2 | 0,70000 | 3,13 | 2,94 | 0,250 | 0,44 | 0,25 | 0,53 | 0,06 |
| 3 | 0,93800 | 3,88 | 3,69 | 0,312 | 0,56 | 0,22 | 0,72 | 0,08 |
| 4 | 1,23100 | 4,88 | 4,63 | 0,469 | 0,63 | 0,31 | 0,97 | 0,09 |
| 4 1/2 | 1,50000 | 5,38 | 5,13 | 0,562 | 0,69 | 0,38 | 1,20 | 0,13 |
| 5 | 1,74800 | 6,12 | 5,88 | 0,625 | 0,75 | 0,38 | 1,41 | 0,13 |
| 6 | 2,49700 | 8,25 | 8,25 | 0,750 | 1,13 | 0,50 | 2,00 | 0,16 |

Alle Maße in inch

## 2.3.4 DIN 6327-1 (Auszug) Stellhülsen mit Werkzeugkegel

Allgemeintoleranzen: DIN 7168 - m




| $d_1$ g5 | Kegelhülse nach DIN 228-2 | b P9/h9 | $d_3$ | $l_1$ | $l_2$ | $l_3$ | $l_4$ | $l_5$ | $l_6$ | zul. Abw. | Scheiben-feder nach DIN 6888 | Rille nach DIN 6338 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | **ME – C6** | 3 | Tr 10 x 1,5 | 62 | 28 | 29,5 | 10 | 1 | 10,9 | 0 - 0,2 | 3 x 5 | 0,8 |
| 12 | | | Tr 12 x 1,5 | | | | | | 12,9 | | | 1,2 |
| 16 | **MK – D 0** oder **D 1** | 5 | Tr 16 x 1,5 | 85 | 40 | 41 | 11 | 1,3 | 17,1 | 0 - 0,25 | 5 x 6,5 | 1,2 |
| 20 | **MK – D 1** | | Tr 20 x 2 | 88 | | | 13 | | 21,1 | | 5 x 7,5 | 2 |
| 25 | **MK – D 1** oder **D 2** | 6 | Tr 25 x 2 | 95 | 42 | 44 | 15 | 1,5 | 26,5 | | 6 x 9 | 2 |
| 28 | | | Tr 28 x 2 | | | | | | 29,5 | | | 3,2 |
| 32 | **MK – D 2** oder **D 3** | 8 | Tr 32 x 2 | 116 | 50 | 51 | 20 | 1,7 | 33,5 | 0 - 0,35 | 8 x 11 | 3,2 |
| 36 | | | Tr 36 x 2 | 118 | | 53 | | | 37,5 | | | |
| 48 | **MK – D 3** oder **D 4** | 10 | Tr 48 x 2 | 144 | 65 | 67 | 24 | 2,2 | 49,9 | | 10 x 13 | 5 |

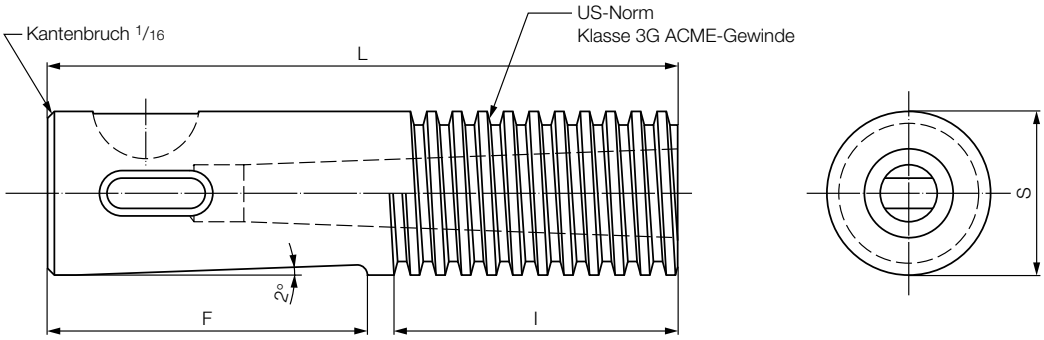
Bezeichnung einer kurzen Stellhülse Form E mit $d_1$ = 48 mm und Kegelhülse MK-D 3:

*Stellhülse DIN 6327 – E 48 x MK – D 3*



# Schaftformen für Werkzeuge

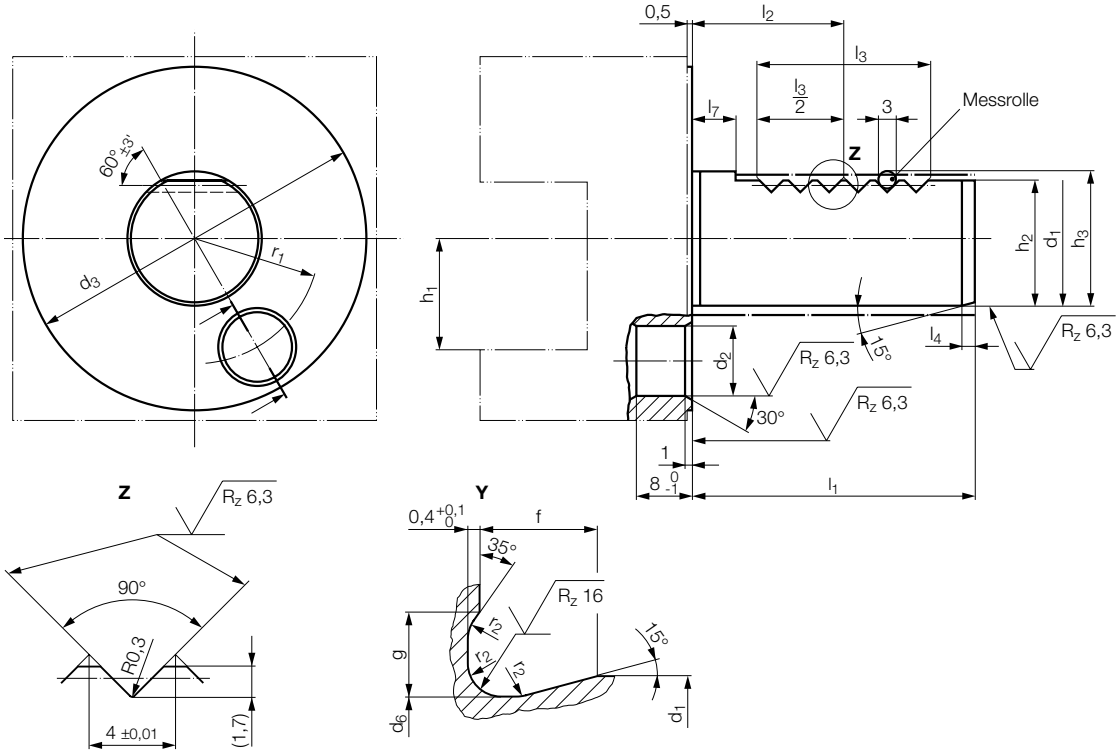
## 2.3.5 ASME B5.11 (Auszug)
## Stellhülsenschäfte mit Werkzeugkegel, nach US-Norm




| Nenn-maß S | Gesamt-länge L | US-Norm Klasse 3G ACME Gewinde Außen-ø max. | Außen-ø min. | Flanken-ø max. | Flanken-ø min. | Kern-ø max. | Kern-ø min. | Steigung (Gg./1") | Gewinde-länge l | Flächen-länge F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1/2 | 3 | 0,4993 | 0,4990 | 0,46455 | 0,45905 | 0,42750 | 0,41925 | 16 | 1 7/16 | 1 1/2 |
| 5/8 | 3 | 0,6243 | 0,6240 | 0,58905 | 0,58335 | 0,55250 | 0,54395 | 16 | 1 1/2 | 1 3/8 |
| 3/4 | 3 | 0,7493 | 0,7490 | 0,70313 | 0,69663 | 0,65667 | 0,64692 | 12 | 1 1/2 | 1 3/8 |
| 7/8 | 3 5/8 | 0,8743 | 0,8740 | 0,82773 | 0,82103 | 0,78167 | 0,77162 | 12 | 1 5/8 | 1 7/8 |
| 1 | 3 5/8 | 0,9993 | 0,9990 | 0,95233 | 0,94533 | 0,90667 | 0,89647 | 12 | 1 5/8 | 1 7/8 |
| 1 1/16 | 3 5/8 | 1,0615 | 1,0612 | 1,01483 | 1,00783 | 0,96917 | 0,95867 | 12 | 1 5/8 | 1 7/8 |
| 1 3/8 | 4 5/8 | 1,3740 | 1,3737 | 1,32633 | 1,31901 | 1,28167 | 1,27069 | 12 | 1 7/8 | 2 5/8 |
| 1 7/8 | 5 5/8 | 1,8740 | 1,8737 | 1,82543 | 1,81743 | 1,78167 | 1,76967 | 12 | 2 1/2 | 3 |

Alle Maße in inch

## 2.3.6 DIN 69880-1 (VDI 3425) (Auszug)
## Werkzeughalter mit Zylinderschaft




| $d_1$ h6 | $l_1$ ± 0,3 | $d_2$ | $d_2$ Toleranzklasse | $d_3$ | $d_6$ 0 -0,1 | f | g | $h_1$ max. | $h_2$ ± 0,1 | $h_3$ ± 0,1 | $l_2$ ± 0,05 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16 | 32 | 8 | H6 | 40 | 15,4 | 2,0 | 1,7 | 12 | 15 | 16,92 | 12,7 |
| 20 | 40 | 10 | | 50 | 19,1 | 2,4 | 2 | 16 | 18 | 19,92 | 21,7 |
| 25 | 48 | 10 | | 58 | 24,1 | 2,4 | 2 | 16 | 23,5 | 25,42 | 21,7 |
| 30 | 55 | 14 | H8 | 68 | 29,1 | 2,4 | 2 | 20 | 27 | 28,92 | 29,7 |
| 40 | 63 | 14 | | 83 | 38,7 | 3,7 | 2,8 | 25 | 36 | 37,92 | 29,7 |
| 50 | 78 | 16 | | 98 | 48,7 | 3,7 | 2,8 | 32 | 45 | 46,92 | 35,7 |
| 60 | 94 | 16 | | 123 | 58,7 | 4,3 | 3,7 | 32 | 55 | 56,92 | 43,7 |
| 80 | 124 | 20 | | 158 | 78,7 | 4,3 | 3,7 | 40 | 72 | 73,92 | 59,7 |

| $d_1$ h6 | $l_1$ ± 0,3 | $l_3$ min. | $l_4$ +1 0 | $l_7$ | $r_1$ ± 0,02 | $r_2$ | O-Ring |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16 | 32 | 16 | 2 | 3,5 | 14,5 | 0,6 | 15 x 1,5 |
| 20 | 40 | 24 | 2 | 7 | 18 | 0,8 | 18,77 x 1,78 |
| 25 | 48 | 24 | 2 | 7 | 21 | 0,8 | 23,52 x 1,78 |
| 30 | 55 | 40 | 2 | 7 | 25 | 0,8 | 28,3 x 1,78 |
| 40 | 63 | 40 | 3 | 7 | 32 | 1,2 | 37,77 x 2,62 |
| 50 | 78 | 48 | 3 | 8 | 37 | 1,2 | 47,29 x 2,62 |
| 60 | 94 | 56 | 4 | 10 | 48 | 1,6 | 56,74 x 3,53 |
| 80 | 124 | 80 | 4 | 10 | 65 | 1,6 | 75,79 x 3,53 |

Bezeichnung eines Zylinderschaftes von Nenndurchmesser $d_1$ = 40 mm und Nennlänge $l_1$ = 63 mm:

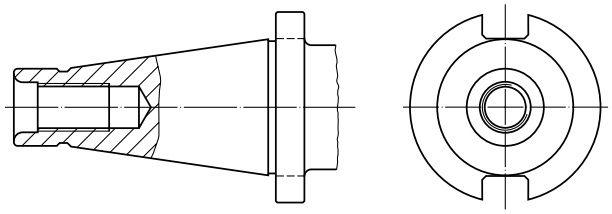
*Zylinderschaft DIN 69880 – 40 x 63*



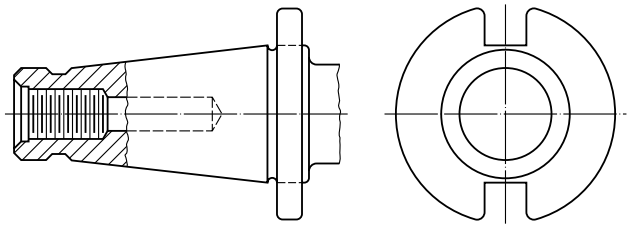
# Schaftformen für Werkzeuge

## 2.4 Übersicht Steilkegelschäfte

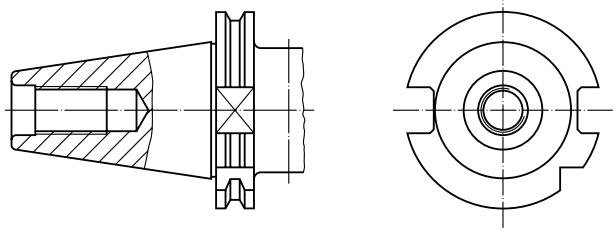
**DIN 2080-1** **Form A**
für manuellen Werkzeugwechsel



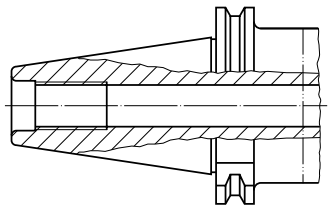
**ANSI B5.18** für manuellen Werkzeugwechsel



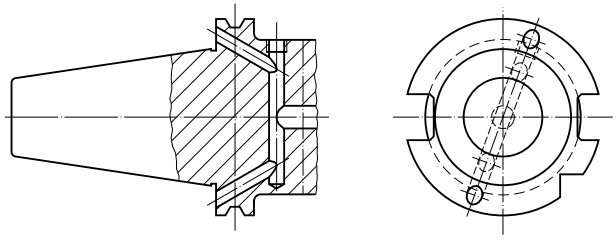
**DIN 69871-1** **Form A**
mit Trapezrille ohne Durchgangsbohrung
für automatischen Werkzeugwechsel



**Form AD**
mit Trapezrille und Durchgangsbohrung, z.B. für zentrale Kühlschmierstoffzuführung,
für automatischen Werkzeugwechsel

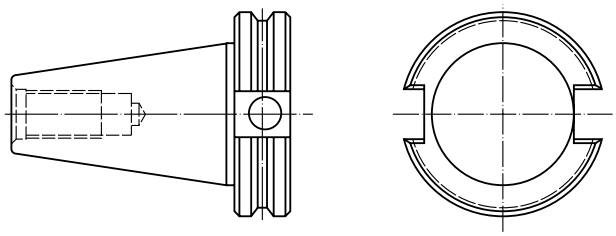


**Form B**
mit Trapezrille und zentraler Kühlschmierstoffzuführung über den Bund
für automatischen Werkzeugwechsel

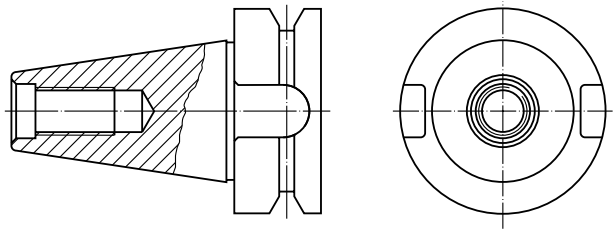


# Schaftformen für Werkzeuge

**ASME B5.50** für automatischen Werkzeugwechsel



**JIS B 6339** für automatischen Werkzeugwechsel

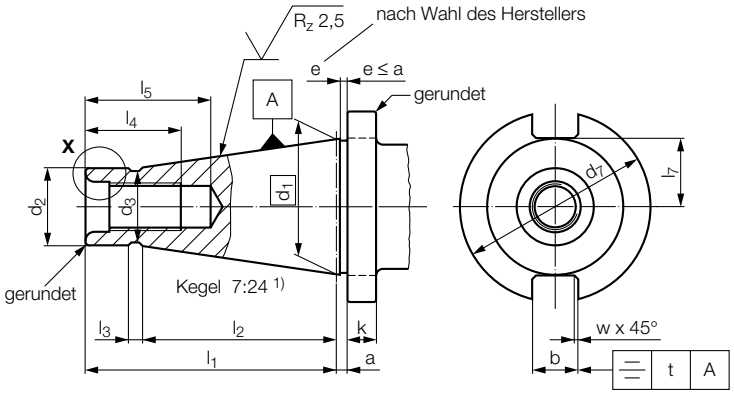


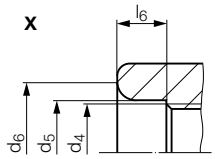


# Schaftformen für Werkzeuge

## 2.4.1 DIN 2080-1 (Auszug) Steilkegelschäfte

**Form A** für manuellen Werkzeugwechsel




Zentrierung 60° mit Schutzsenkung oder mit gewölbter Lauffläche nach Wahl des Herstellers

| Größe | | Steilkegel Nr. 30 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a | ±0,2 | 1,6 | 1,6 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 4 | 4 | 5 | 6 |
| b | H12 | 16,1 | 16,1 | 19,3 | 25,7 | 25,7 | 25,7 | 32,4 | 32,4 | 40,5 | 40,5 |
| $d_1$ | | 31,75 | 44,45 | 57,15 | 69,85 | 88,9 | 107,95 | 133,35 | 165,1 | 203,2 | 254 |
| $d_2$ 2) | Nennmaß | 17,4 | 25,3 | 32,4 | 39,6 | 50,4 | 60,2 | 75 | 92 | 114 | 140 |
| | max. | 17,11 | 25,00 | 32,09 | 39,29 | 50,06 | 59,86 | 74,64 | 91,62 | 113,59 | 139,54 |
| | min. | 17,04 | 24,92 | 31,99 | 39,19 | 49,94 | 59,74 | 74,52 | 91,48 | 133,45 | 139,38 |
| $d_3$ | | 16,5 | 24 | 30 | 38 | 48 | 58 | 72 | 90 | 110 | 136 |
| $d_4$ | | M12 | M16 | M20 | M24 | M24 | M30 | M36 | M36 | M48 | M48 |
| $d_5$ | | 13 | 17 | 21 | 26 | 26 | 32 | 38 | 38 | 50 | 50 |
| $d_6$ | max. | 16 | 21,5 | 26 | 32 | 36 | 44 | 52 | 52 | 68 | 68 |
| $d_7$ | $^{0}_{-0,4}$ | 50 | 63 | 80 | 97,5 | 130 | 156 | 195 | 230 | 280 | 350 |
| k | ±0,15 | 8 | 10 | 12 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 28 |
| $l_1$ | | 68,4 | 93,4 | 106,8 | 126,8 | 164,8 | 206,8 | 246 | 296 | 370 | 469 |
| $l_2$ | | 48,4 | 65,4 | 82,8 | 101,8 | 126,8 | 161,8 | 202 | 252 | 307 | 394 |
| $l_3$ | | 3 | 5 | 6 | 8 | 9 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |
| $l_4$ | | 24 | 32 | 40 | 47 | 47 | 59 | 70 | 70 | 92 | 92 |
| $l_5$ | min. | 33,5 | 42,5 | 52,5 | 61,5 | 61,5 | 76 | 89 | 89 | 115 | 115 |
| $l_6$ | $^{+0,5}_{0}$ | 5,5 | 8,2 | 10 | 11,5 | 11,5 | 14 | 16 | 16 | 20 | 20 |
| $l_7$ | max. | 16,2 | 22,5 | 29 | 35,3 | 45 | 60 | 72 | 86 | 104 | 132 |
| t | | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| w 3) | | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 2 | 2 | 2 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 |

1) Genauwerte für den Kegel nach DIN 254.
2) max. und min. entsprechen dem Toleranzfeld a10 nach DIN 7160.
3) Wahlweise als Rundung mit Radius r = w.

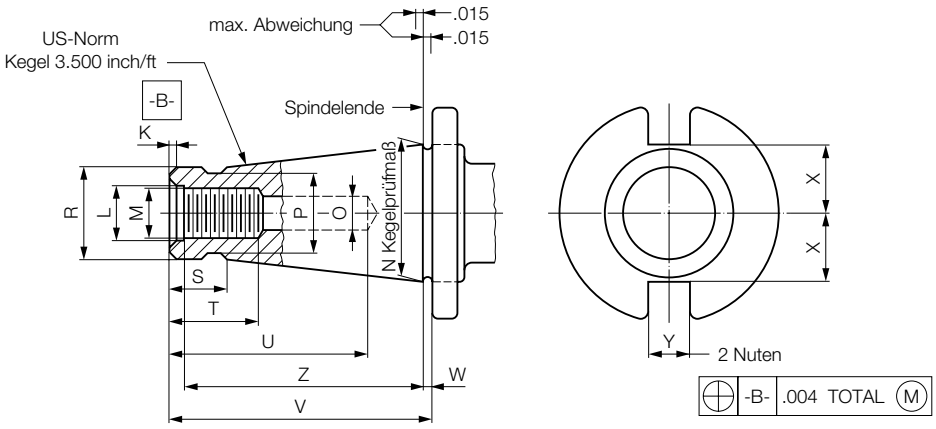
Alle Maße in mm

Bezeichnung eines Steilkegelschaftes der Form A Nr. 40 mit Kegelwinkel-Toleranzqualität AT 4:

*Steilkegelschaft DIN 2080 – A 40 AT 4*

## 2.4.2 ANSI B5.18 (Auszug) Steilkegelschäfte, nach US-Norm

für manuellen Werkzeugwechsel




| Größe | N | O | P | M UNC-2B | R | S | T min. | U min. | V | W | X | Y | Z | K x 60° | L |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 30 | 1,250 | 0,422 | 0,66 | 0,500- | 0,675 | 0,81 | 1,00 | 2,00 | 2,75 | 0,045 | 0,640 | 0,635 | 2,50 | 0,05 | 0,525 |
| | | 0,432 | 0,65 | 13 | 0,670 | | | | | 0,075 | 0,625 | 0,645 | | 0,07 | 0,530 |
| 40 | 1,750 | 0,531 | 0,94 | 0,625- | 0,987 | 1,00 | 1,12 | 2,25 | 3,75 | 0,045 | 0,890 | 0,635 | 3,50 | 0,05 | 0,650 |
| | | 0,541 | 0,93 | 11 | 0,980 | | | | | 0,075 | 0,875 | 0,645 | | 0,07 | 0,655 |
| 45 | 2,250 | 0,656 | 1,19 | 0,750- | 1,268 | 1,00 | 1,50 | 2,75 | 4,38 | 0,105 | 1,140 | 0,760 | 4,06 | 0,05 | 0,775 |
| | | 0,666 | 1,18 | 10 | 1,260 | | | | | 0,135 | 1,125 | 0,770 | | 0,07 | 0,780 |
| 50 | 2,750 | 0,875 | 1,50 | 1,000- | 1,550 | 1,00 | 1,75 | 3,50 | 5,12 | 0,105 | 1,390 | 1,010 | 4,75 | 0,05 | 1,025 |
| | | 0,885 | 1,49 | 8 | 1,540 | | | | | 0,135 | 1,375 | 1,020 | | 0,12 | 1,030 |
| 60 | 4,250 | 1,109 | 2,28 | 1,250- | 2,360 | 1,75 | 2,25 | 4,25 | 8,25 | 0,105 | 2,400 | 1,010 | 7,81 | 0,05 | 1,307 |
| | | 1,119 | 2,27 | 7 | 2,350 | | | | | 0,135 | 2,385 | 1,020 | | 0,12 | 1,312 |

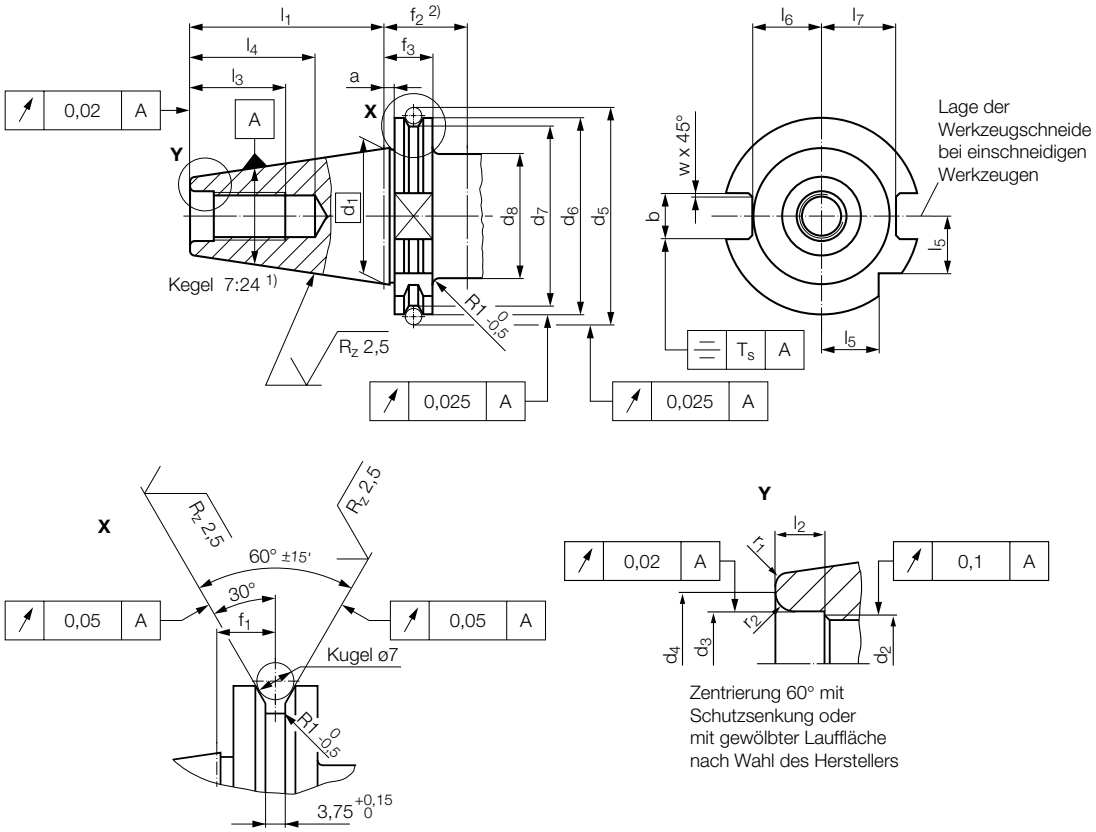
Alle Maße in inch



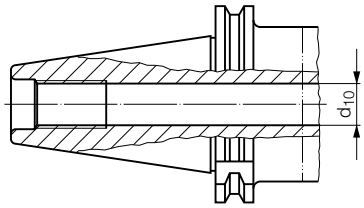
# Schaftformen für Werkzeuge

## 2.4.3 DIN 69871-1 (Auszug)
## Steilkegelschäfte für automatischen Werkzeugwechsel

**Form A** mit Trapezrille, ohne Durchgangsbohrung

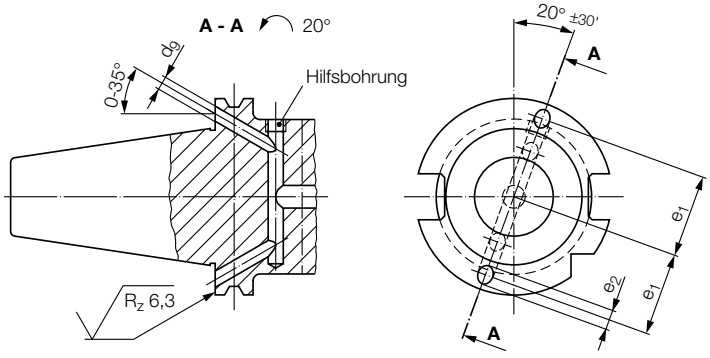



**Form AD** mit Trapezrille und Durchgangsbohrung, z.B. für zentrale Kühlschmierstoffzuführung




$d_{10} \leq$ Kerndurchmesser des Muttergewindes.
Übrige Maße und Angaben wie Form A.

**Form B** mit Trapezrille und zentraler Kühlschmierstoffzuführung über den Bund




Die Hilfsbohrung bei Form B muss für einen Betriebsdruck bis 50 bar abgedichtet sein, Ausführung nach Wahl des Herstellers. Übrige Maße und Angaben wie Form A.

# Schaftformen für Werkzeuge



| | | Steilkegel Nr. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 30 | 40 | 45 | 50 | 60 |
| a | ±0,1 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 |
| b | H12 | 16,1 | 16,1 | 19,3 | 25,7 | 25,7 |
| $d_1$ | | 31,75 | 44,45 | 57,15 | 69,85 | 107,95 |
| $d_2$ | | M12 | M16 | M20 | M24 | M30 |
| $d_3$ | H7 | 13 | 17 | 21 | 25 | 32 |
| $d_4$ | max. | 14 | 19 | 23,4 | 28 | 36 |
| $d_5$ | ±0,05 | 59,3 | 72,3 | 91,35 | 107,25 | 164,75 |
| $d_6$ | $^{0}_{-0,1}$ | 50 | 63,55 | 82,55 | 97,50 | 155 |
| $d_7$ | $^{0}_{-0,5}$ | 44,3 | 56,25 | 75,25 | 91,25 | 147,70 |
| $d_8$ | max. | 45 | 50 | 63 | 80 | 130 |
| $d_9$ | | 4 | 4 | 5 | 6 | 8 |
| $e_1$ | ±0,1 | 21 | 27 | 35 | 42 | 66 |
| $e_2$ | max. | 5 | 5 | 6 | 7 | 9,2 |
| $f_1$ | ±0,1 | 11,1 | 11,1 | 11,1 | 11,1 | 11,1 |
| $f_2$ | min. | 35 | 35 | 35 | 35 | 38 |
| $f_3$ | $^{0}_{-0,1}$ | 19,1 | 19,1 | 19,1 | 19,1 | 19,1 |
| $l_1$ | $^{0}_{-0,3}$ | 47,8 | 68,4 | 82,7 | 101,75 | 161,8 |
| $l_2$ | $^{+0,5}_{0}$ | 5,5 | 8,2 | 10 | 11,5 | 14 |
| $l_3$ | min. | 24 | 32 | 40 | 47 | 59 |
| $l_4$ | min. | 33,5 | 42,5 | 52,5 | 61,5 | 76 |
| $l_5$ | $^{0}_{-0,3}$ | 15 | 18,5 | 24 | 30 | 49 |
| $l_6$ | $^{0}_{-0,4}$ | 16,4 | 22,8 | 29,1 | 35,5 | 54,2 |
| $l_7$ | $^{0}_{-0,4}$ | 19 | 25 | 31,3 | 37,7 | 59,3 |
| $r_1$ | | 0,6 $^{0}_{-0,3}$ | 1,2 $^{0}_{-0,5}$ | 2 $^{0}_{-0,5}$ | 2,5 $^{0}_{-0,5}$ | 2,5 $^{0}_{-0,5}$ |
| $r_2$ | $^{0}_{-0,5}$ | 0,8 | 1 | 1,2 | 1,5 | 2 |
| $T_s$ | | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,2 | 0,2 |
| w [3] | | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 2 | 2 |

[1] Kegelwerte nach DIN 254.
[2] $f_2$ ist als Mindestmaß ausgelegt. Der Durchmesser $d_8$ muss bis zur Längenbegrenzung durch $f_2$ unbedingt eingehalten werden.
[3] Wahlweise als Rundung mit Radius r = w.

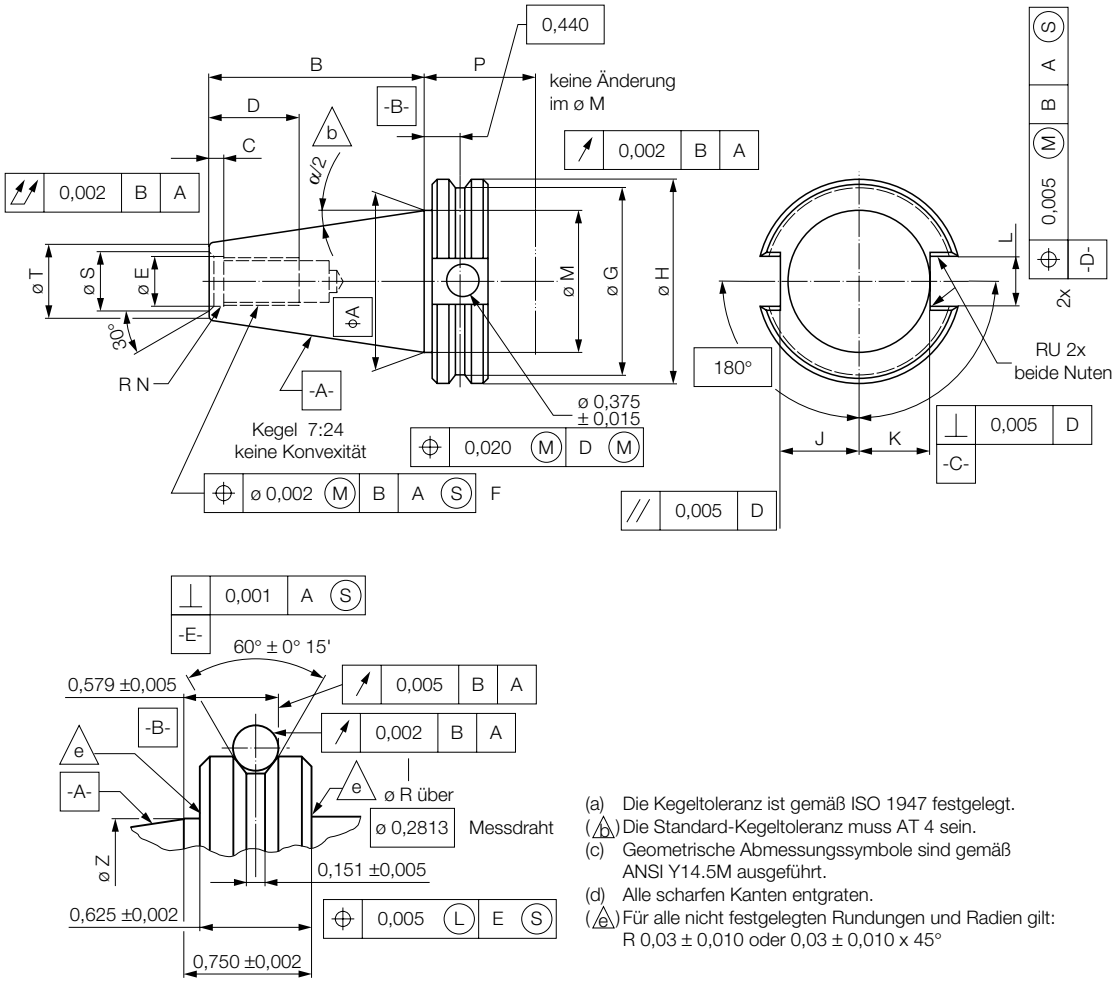
Bezeichnung eines Steilkegelschaftes Form A Nr. 40:

*Steilkegel DIN 69871 – A 40*



# Schaftformen für Werkzeuge

## 2.4.4 ASME B5.50 (Auszug)
## Steilkegelschäfte für automatischen Werkzeugwechsel, nach US-Norm







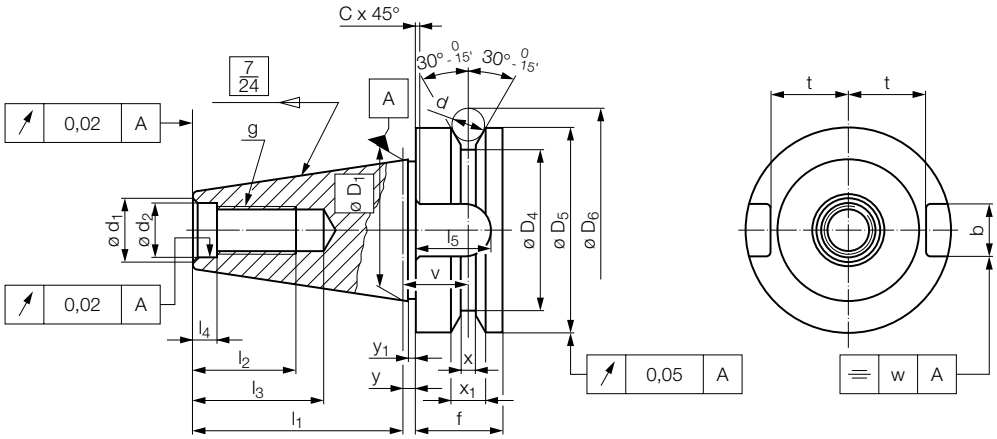
(a) Die Kegeltoleranz ist gemäß ISO 1947 festgelegt.
(b) Die Standard-Kegeltoleranz muss AT 4 sein.
(c) Geometrische Abmessungssymbole sind gemäß ANSI Y14.5M ausgeführt.
(d) Alle scharfen Kanten entgraten.
(e) Für alle nicht festgelegten Rundungen und Radien gilt: R 0,03 ± 0,010 oder 0,03 ± 0,010 x 45°

| Größe | ø A | B ± 0,005 | C ± 0,010 | D min. | ø E + 0,015 - 0,000 | F UNC-2B | ø G ± 0,010 | ø H ± 0,002 | J + 0,000 - 0,015 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 30 | 1,250 | 1,875 | 0,188 | 1,00 | 0,516 | 0,500-13 | 1,531 | 1,812 | 0,735 |
| 40 | 1,750 | 2,687 | 0,188 | 1,12 | 0,641 | 0,625-11 | 2,219 | 2,500 | 0,985 |
| 45 | 2,250 | 3,250 | 0,188 | 1,50 | 0,766 | 0,750-10 | 2,969 | 3,250 | 1,235 |
| 50 | 2,750 | 4,000 | 0,250 | 1,75 | 1,031 | 1,000- 8 | 3,594 | 3,875 | 1,485 |
| 60 | 4,250 | 6,375 | 0,312 | 2,25 | 1,281 | 1,250- 7 | 5,219 | 5,500 | 2,235 |

| Größe | K + 0,000 - 0,015 | L ± 0,010 | ø M ± 0,005 | N | P min. | ø R ± 0,002 | ø S ± 0,010 | ø T min. | U ± 0,010 | ø Z + 0,000 - 0,005 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 30 | 0,640 | 0,645 | 1,250 | 0,015 / 0,030 | 1,38 | 2,176 | 0,590 | 0,650 | ,030 | 1,250 |
| 40 | 0,890 | 0,645 | 1,750 | 0,045 / 0,060 | 1,38 | 2,863 | 0,720 | 0,860 | ,030 | 1,750 |
| 45 | 1,140 | 0,770 | 2,250 | 0,075 / 0,090 | 1,38 | 3,613 | 0,850 | 1,090 | ,030 | 2,250 |
| 50 | 1,390 | 1,020 | 2,750 | 0,075 / 0,090 | 1,38 | 4,238 | 1,125 | 1,380 | ,030 | 2,750 |
| 60 | 2,140 | 1,020 | 4,250 | 0,120 / 0,200 | 1,50 | 5,683 | 1,375 | 2,040 | ,040 | 4,250 |

Alle Maße in inch

## 2.4.5 JIS B 6339 (Auszug)
## Steilkegelschäfte für automatischen Werkzeugwechsel, nach japanischer Norm




| Größe | | | BT30 | BT35 | BT40 | BT45 | BT50 | BT55 | BT60 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Schaft | $D_1$ (1) | | 31,75 | 38,1 | 44,45 | 57,15 | 69,85 | 88,9 | 107,95 |
| | $l_1$ | ±0,15 | 48,4 | 56,4 | 65,4 | 82,8 | 101,8 | 126,8 | 161,8 |
| | r | max. | 0,5 | | 1 | | | | |
| Gewinde | $d_1$ | | 14 | | 19 | 23 | 27 | 33 | |
| | $d_2$ | H8 | 12,5 | | 17 | 21 | 25 | 31 | |
| | g | 6H | M12 | | M16 | M20 | M24 | M30 | |
| | $l_2$ | min. | 24 | | 30 | 35 | 45 | 56 | |
| | $l_3$ | min. | 34 | | 43 | 50 | 62 | 76 | |
| | $l_4$ | $^{+0,5}_{0}$ | 7 | | 9 | 11 | 13 | 16 | |
| Nut | C | max. | 0,5 | | | 1 | | | |
| | b | H12 | 16,1 | | | 19,3 | 25,7 | | |
| | $l_5$ | min. | 17 | 20 | 21 | 26 | 31 | | 34 |
| | t | $^{0}_{-0,2}$ | 16,3 | 19,6 | 22,6 | 29,1 | 35,4 | 45,1 | 60,1 |
| | w | | 0,12 | | | | 0,2 | | |
| Flansch | $D_4$ | | 38 | 43 | 53 | 73 | 85 | 107 | 135 |
| | $D_5$ | h8 | 46 | 53 | 63 | 85 | 100 | 125 | 155 |
| | f | | 20 | 22 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 |
| | v | ±0,1 | 13,6 | 14,6 | 16,6 | 21,2 | 23,2 | 26,2 | 28,2 |
| | x | | 4 | 5 | | 6 | 7 | 9 | 11 |
| | $x_1$ | $^{+0,1}_{0}$ | 8 | 10 | | 12 | 15 | 18 | 20 |
| | y | ±0,4 | 2 | | | 3 | | | |
| | $y_1$ | $^{0}_{-0,4}$ | 2 | | | 3 | | | |
| Toleranz für $^{7}/_{24}$ Kegelwinkel (2) $AT_D$ | | | +0,0039 0 | +0,0045 0 | +0,0041 0 | +0,0052 0 | +0,0051 0 | +0,0063 0 | +0,0065 0 |
| informative Angaben | Durchmesser am kleinen Kegelende | | 17,633 | 21,650 | 25,375 | 33,000 | 40,158 | 51,917 | 60,758 |
| | d | | 8 | 10 | | 12 | 15 | 18 | 20 |
| | $D_6$ | | 56,144 | 65,679 | 75,679 | 100,215 | 119,019 | 147,823 | 180,359 |

(1) $D_1$ ist das Grundmaß und zugleich der Durchmesser auf der Stirnseite der Lehre.
(2) Die Toleranzen am Kegelwinkel $^{7}/_{24}$ sind gemäß $^{+AT\,4}_{0}$ ausgeführt (Qualität AT 4 ist beschrieben in JIS B 0614)

Alle Maße in mm



# Schaftformen für Werkzeuge

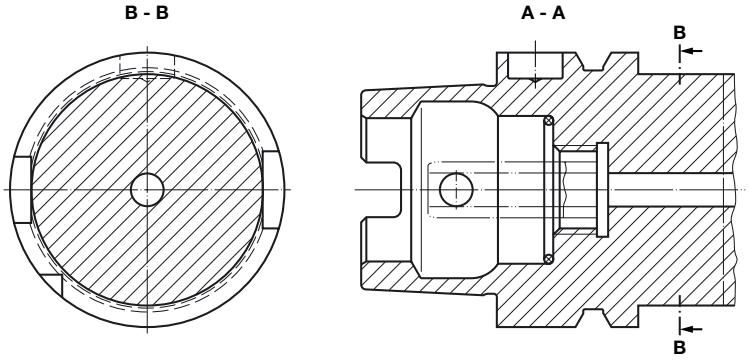
HSK

## 2.5 Übersicht Kegel-Hohlschäfte mit Plananlage (HSK)

DIN 69893-1

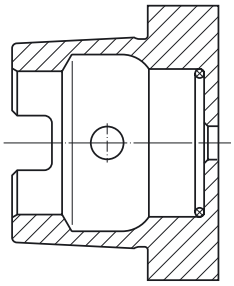
**Form A**

· Standardausführung für BAZ
· Für automatischen Werkzeugwechsel
· Zentrale Kühlmittelzuführung über Kühlmittelrohr
· Mitnehmernuten am Kegelende
· Bohrung für Datenträger




**Form C**

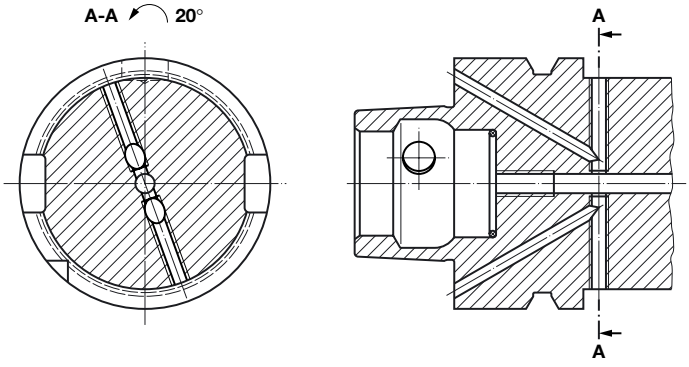
· Für Sondermaschinen und modulare Werkzeuge
· Für manuellen Werkzeugwechsel
· Zentrale Kühlmittelzufuhr
· Mitnehmernuten am Kegelende



DIN 69893-2

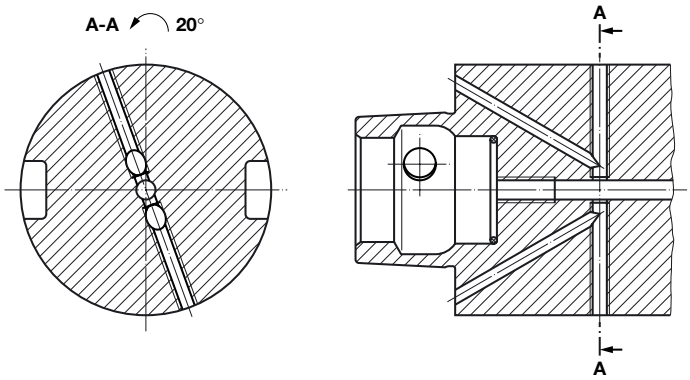
**Form B**

· Für BAZ
· Mit vergrößerter Plananlage für erhöhte radiale Festigkeit
· Für automatischen Werkzeugwechsel
· Dezentrale Kühlmittelzuführung über den Flansch
· Mitnehmernuten am Flansch
· Bohrung für Datenträger



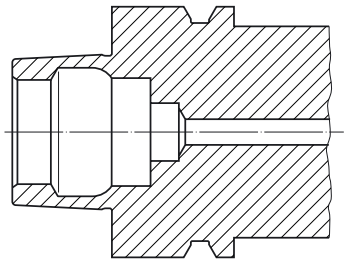
**DIN 69893-2** **Form D**

· Für Sondermaschinen
· Mit vergrößerter Plananlage für erhöhte radiale Festigkeit
· Für manuellen Werkzeugwechsel
· Dezentrale Kühlmittelzuführung über den Flansch
· Mitnehmernuten am Flansch



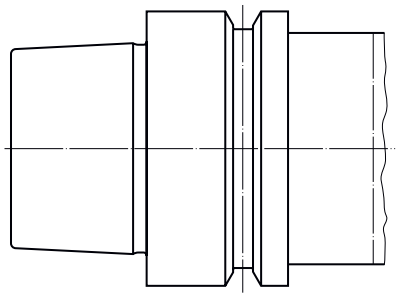

**DIN 69893-6** **Form F**

· Für Anwendungen in der Holzverarbeitung
· Mit vergrößerter Plananlage für erhöhte radiale Festigkeit
· Für automatischen Werkzeugwechsel
· Zentrale Kühlmittelzufuhr über Kühlmittelrohr möglich
· Ohne Mitnehmernuten, rotationssymmetrisch



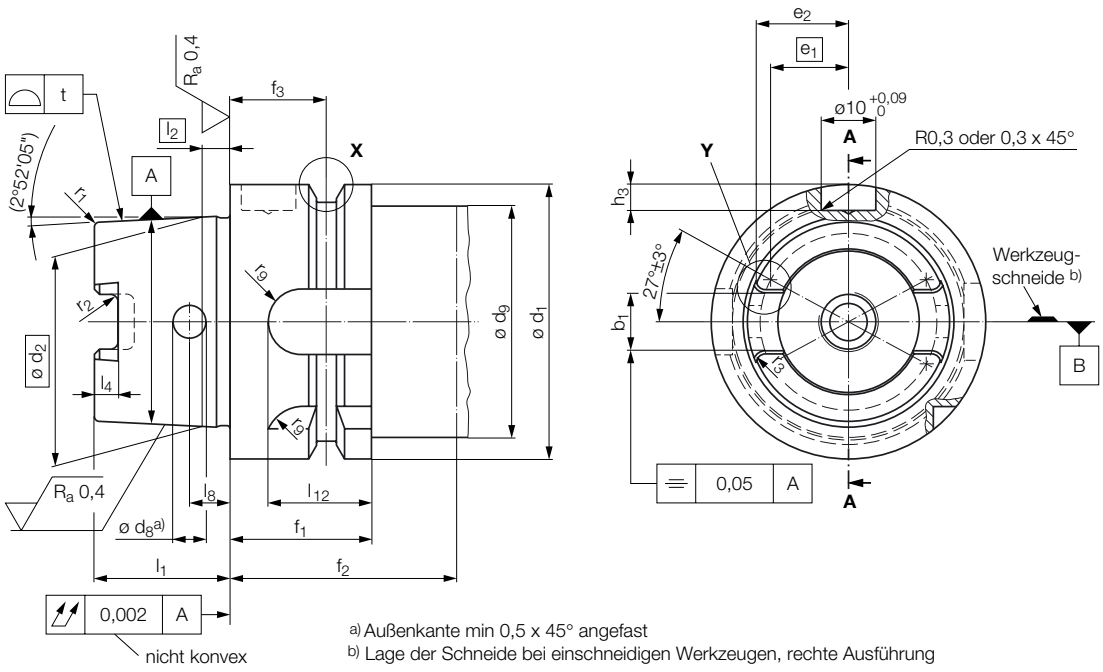
**DIN 69893-5** **Form E**

· Für Hochgeschwindigkeitsbearbeitung
· Für automatischen Werkzeugwechsel
· Zentrale Kühlmittelzuführung über Kühlmittelrohr möglich
· Ohne Mitnehmernuten rotationssymmetrisch

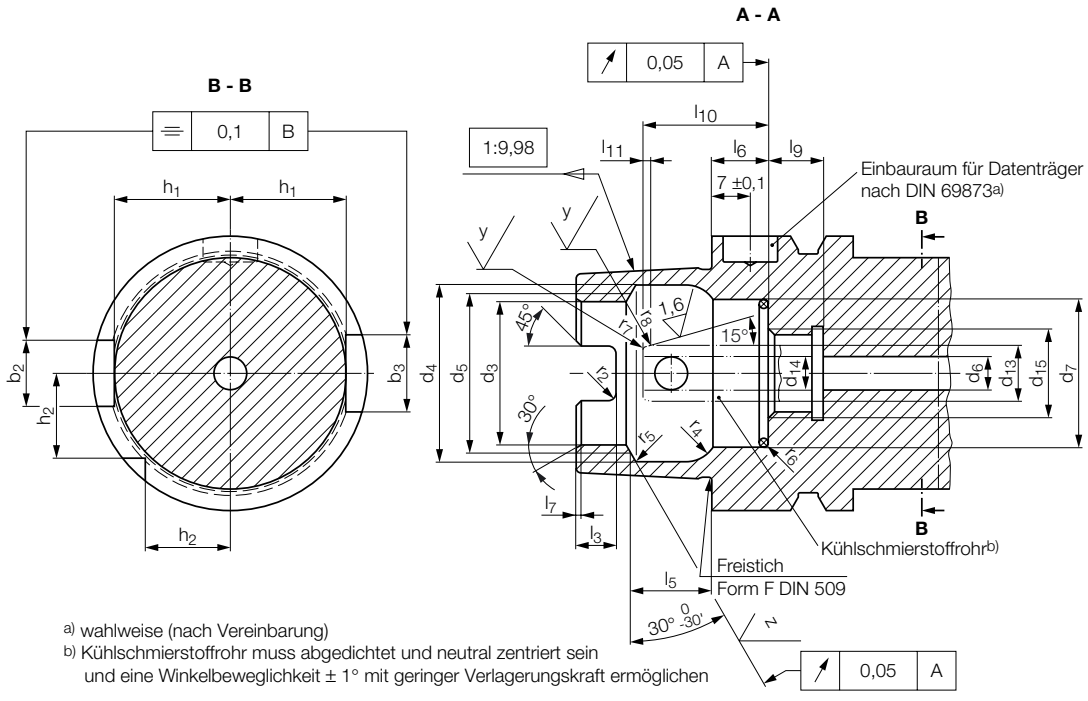


## 2.5.1 DIN 69893-1 (Auszug)
## Kegel-Hohlschäfte mit Plananlage, Standardausführung

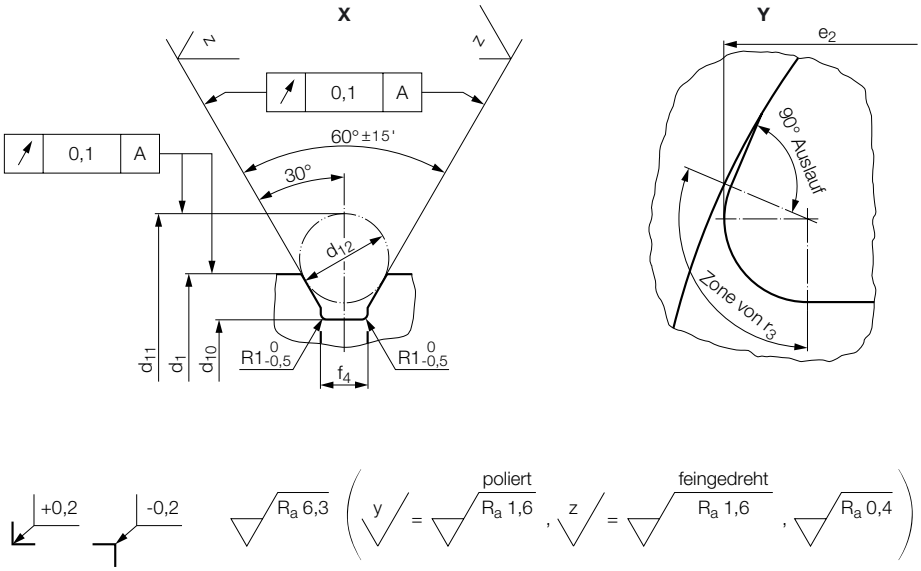
**Form A** für automatischen Werkzeugwechsel




a) Außenkante min 0,5 x 45° angefast
b) Lage der Schneide bei einschneidigen Werkzeugen, rechte Ausführung



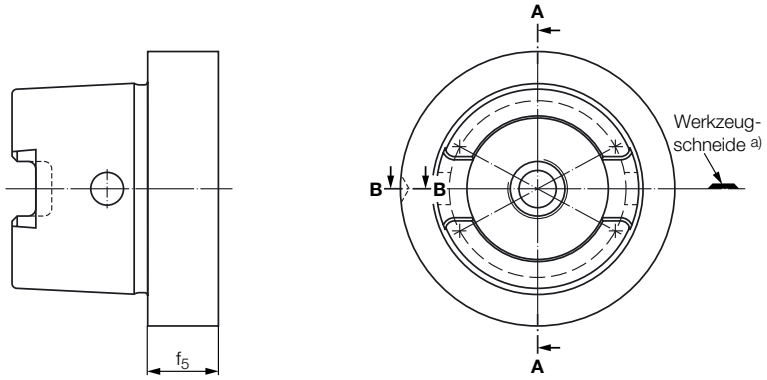

a) wahlweise (nach Vereinbarung)
b) Kühlschmierstoffrohr muss abgedichtet und neutral zentriert sein und eine Winkelbeweglichkeit ± 1° mit geringer Verlagerungskraft ermöglichen



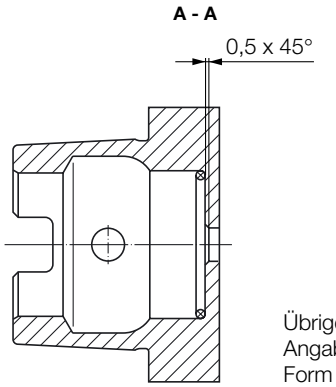




**Form C** für manuellen Werkzeugwechsel

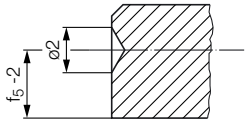



a) Lage der Schneide bei einschneidigen Werkzeugen, rechte Ausführung




Übrige Maße und Angaben siehe Form A

**B - B**
(vergrößert)
Kennzeichnung der Zugriffsbohrung





# Schaftformen für Werkzeuge



**Abmessungen für Form A und Form C**

| | | Nenngröße | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 |
| $b_1$ | ±0,04 | 7,05 | 8,05 | 10,54 | 12,54 | 16,04 | 20,02 | 25,02 | 30,02 |
| $b_2$ | H10 | 7 | 9 | 12 | 16 | 18 | 20 | 25 | 32 |
| $b_3$ | H10 | 9 | 11 | 14 | 18 | 20 | 22 | 28 | 36 |
| $d_1$ | h10 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 |
| $d_2$ | | 24,007 | 30,007 | 38,009 | 48,010 | 60,012 | 75,013 | 95,016 | 120,016 |
| $d_3$ | H10 | 17 | 21 | 26 | 34 | 42 | 53 | 67 | 85 |
| $d_4$ | H11 | 20,5 | 25,5 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 |
| $d_5$ | | 19 | 23 | 29 | 37 | 46 | 58 | 73 | 92 |
| $d_6$ | max. | 4,2 | 5 | 6,8 | 8,4 | 10,2 | 12 | 14 | 16 |
| $d_7$ | $^{0}_{-0,1}$ | 17,4 | 21,8 | 26,6 | 34,5 | 42,5 | 53,8 | – | – |
| $d_8$ | | 4 | 4,6 | 6 | 7,5 | 8,5 | 12 | – | – |
| $d_9$ | max. | 26 | 34 | 42 | 53 | 68 | 88 | 111 | 144 |
| $d_{10}$ | $^{0}_{-0,1}$ | 26,5 | 34,8 | 43 | 55 | 70 | 92 | 117 | 152 |
| $d_{11}$ | $^{0}_{-0,1}$ | 37 | 45 | 59,3 | 72,3 | 88,8 | 109,75 | 134,75 | 169,75 |
| $d_{12}$ | | 4 | 4 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| $d_{13}$ | f8 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
| $d_{14}$ | | 3,5 | 5 | 6,4 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 |
| $d_{15}$ | | M10 x 1 | M12 x 1 | M16 x 1 | M18 x 1 | M20 x 1,5 | M24 x 1,5 | M30 x 1,5 | M35 x 1,5 |
| $e_1$ | | 8,82 | 11,00 | 13,88 | 17,99 | 21,94 | 27,37 | 35,37 | 44,32 |
| $e_2$ | $^{0}_{-0,05}$ | 10,20 | 12,88 | 16,26 | 20,87 | 25,82 | 32,25 | 41,25 | 52,20 |
| $f_1$ | $^{0}_{-0,1}$ | 20 | 20 | 26 | 26 | 26 | 29 | 29 | 31 |
| $f_2$ | min. | 35 | 35 | 42 | 42 | 42 | 45 | 45 | 47 |
| $f_3$ | ±0,1 | 16 | 16 | 18 | 18 | 18 | 20 | 20 | 22 |
| $f_4$ | $^{+0,15}_{0}$ | 2 | 2 | 3,75 | 3,75 | 3,75 | 3,75 | 3,75 | 3,75 |
| $f_5$ | | 10 | 10 | 12,5 | 12,5 | 16 | 16 | – | – |
| $h_1$ | $^{0}_{-0,2}$ | 13 | 17 | 21 | 26,5 | 34 | 44 | 55,5 | 72 |
| $h_2$ | $^{0}_{-0,3}$ | 9,5 | 12 | 15,5 | 20 | 25 | 31,5 | 39,5 | 50 |
| $h_3$ | $^{+0,2}_{0}$ | 5,4 | 5,2 | 5,1 | 5,0 | 4,9 | 4,9 | 4,8 | 4,8 |
| $l_1$ | $^{0}_{-0,2}$ | 16 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 |
| $l_2$ | | 3,2 | 4 | 5 | 6,3 | 8 | 10 | 12,5 | 16 |
| $l_3$ | $^{+0,2}_{0}$ | 5 | 6 | 7,5 | 10 | 12 | 15 | 19 | 23 |
| $l_4$ | $^{+0,2}_{0}$ | 3 | 3,5 | 4,5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 |
| $l_5$ | JS10 | 8,92 | 11,42 | 14,13 | 18,13 | 22,85 | 28,56 | 36,27 | 45,98 |
| $l_6$ | $^{0}_{-0,1}$ | 8 | 8 | 10 | 10 | 12,5 | 12,5 | 16 | 16 |
| $l_7$ | $^{+0,3}_{0}$ | 0,8 | 0,8 | 1 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2 |
| $l_8$ | ±0,1 | 5 | 6 | 7,5 | 9 | 12 | 15 | – | – |
| $l_9$ | $^{0}_{-0,3}$ | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
| $l_{10}$ | | 20 | 21,5 | 23 | 24,5 | 26 | 28 | 30 | 32 |
| $l_{11}$ | | 2,5 | 2,5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3,5 | 3,5 |
| $l_{12}$ | | 12 | 12 | 19 | 21 | 22 | 24 | 24 | 24 |



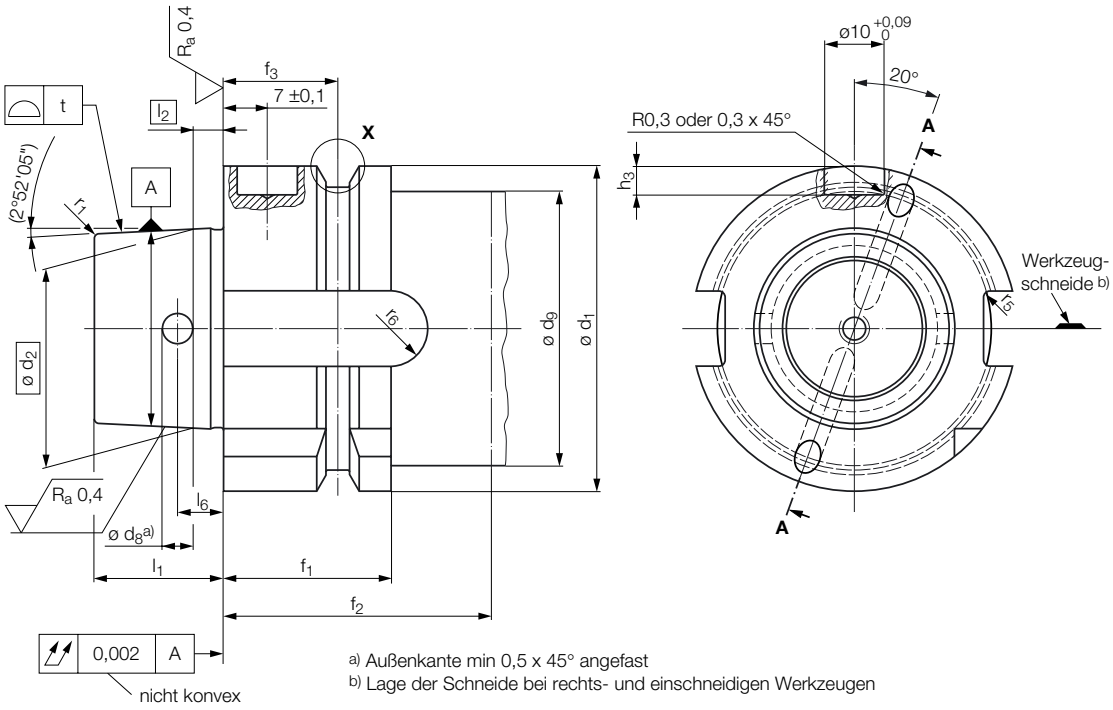
**Abmessungen für Form A und Form C (Fortsetzung)**

| | Nenngröße | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 |
| $r_1$ | 0,6 | 0,8 | 1 | 1,2 | 1,6 | 2 | 2,5 | 3,2 |
| $r_2$ $^{0}_{-0,2}$ | 1 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2 | 2,5 | 2,5 |
| $r_3$ [1] ±0,05 | 1,38 | 1,88 | 2,38 | 2,88 | 3,88 | 4,88 | 5,88 | 7,88 |
| $r_4$ | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 |
| $r_5$ | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 1 | 1,2 | 1,6 |
| $r_6$ | 0,5 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2,0 | 2,0 | – | – |
| $r_7$ | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| $r_8$ | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| $r_9$ [2] | 3,5 | 4,5 | 6 | 8 | 9 | 10 | 5 | 5 |
| t | 0,0020 | 0,0020 | 0,0025 | 0,0030 | 0,0040 | 0,0040 | 0,0050 | 0,0050 |
| Freistich DIN 509–F | 0,2 x 0,1 | 0,4 x 0,2 | 0,6 x 0,2 | 0,6 x 0,2 | 1 x 0,2 | 1 x 0,2 | 1,6 x 0,3 | 1,6 x 0,3 |
| O-Ring [3] | 16x1 | 18,77x1,78 | 21,89x2,62 | 29,82x2,62 | 36,09x3,53 | 47,6x3,53 | – | – |

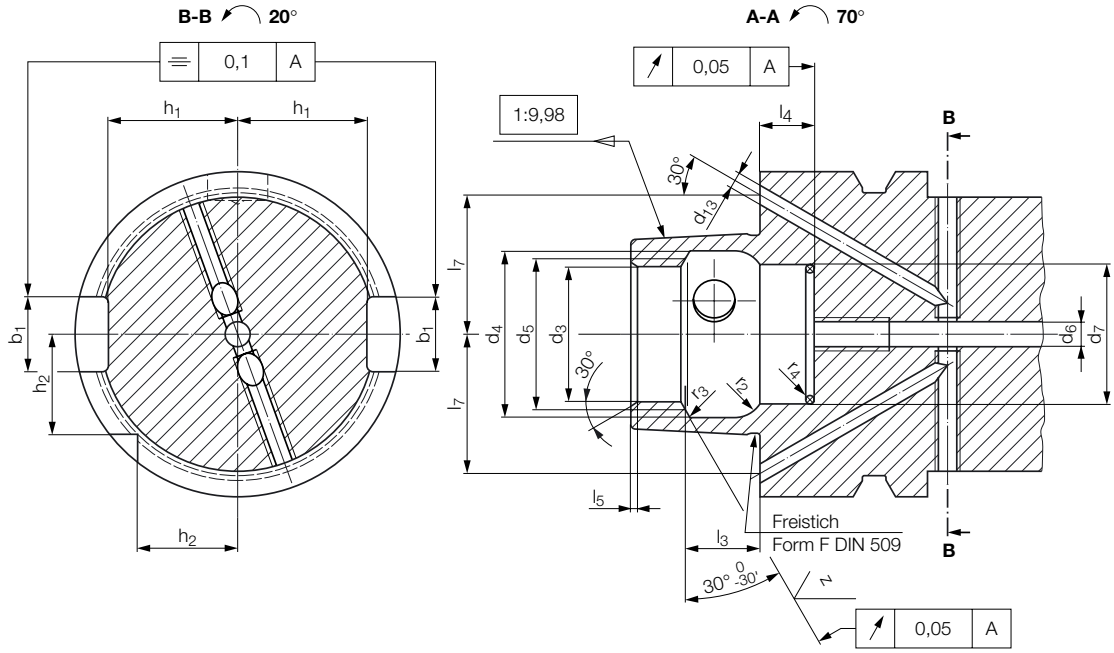
[1] $r_3$ tangierend an $b_1$.
[2] $r_9$ ist für $b_2$ und $b_3$ anzuwenden.
[3] Die Notwendigkeit der Bestückung ist abhängig vom verwendeten Spannsystem (gehört nicht zum Lieferumfang).

## 2.5.2 DIN 69893-2 (Auszug) Kegel-Hohlschäfte mit Plananlage und Kühlschmierstoffzuführung über den Bund

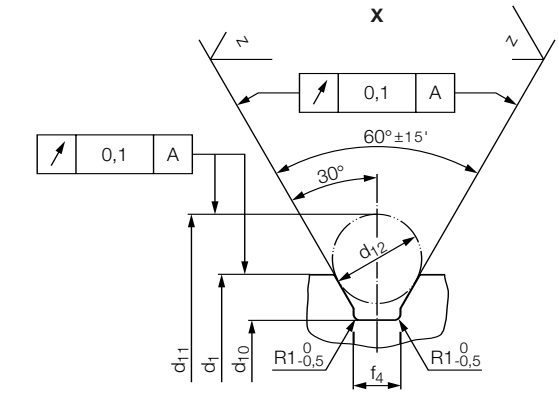
**Form B** für automatischen Werkzeugwechsel

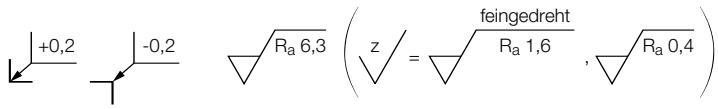



a) Außenkante min 0,5 x 45° angefast
b) Lage der Schneide bei rechts- und einschneidigen Werkzeugen

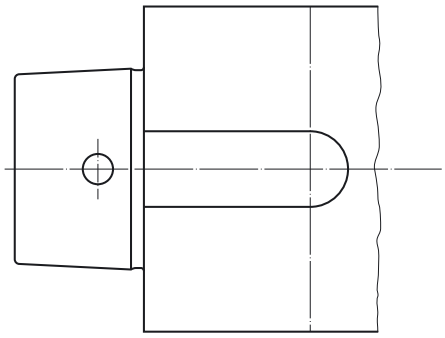


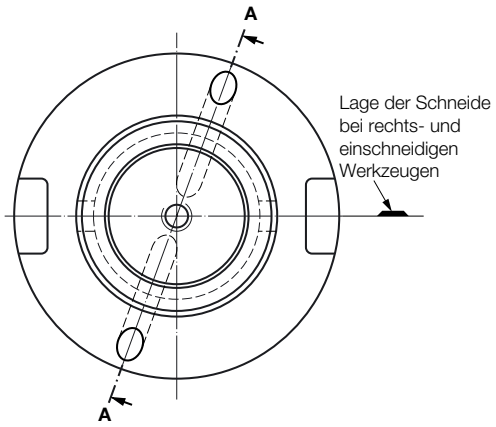
# Schaftformen für Werkzeuge



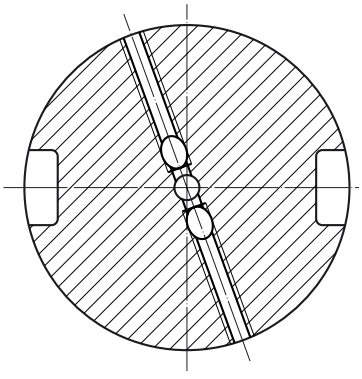




**Form D** für manuellen Werkzeugwechsel

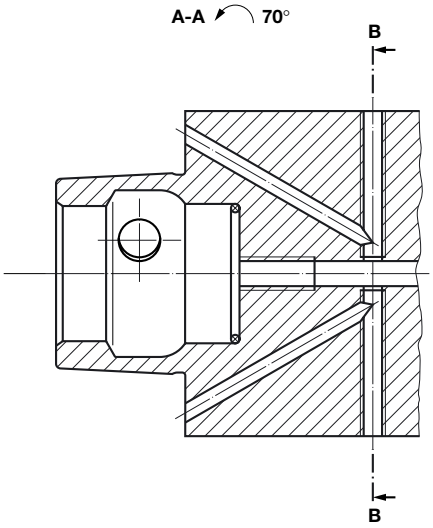





B-B 20°



A-A 70°





# Schaftformen für Werkzeuge



## Abmessungen für Form B und Form D

| | | Nenngröße | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 |
| $b_1$ | H8 | 10 | 12 | 16 | 18 | 20 | 25 | 32 |
| $d_1$ | h10 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 |
| $d_2$ | | 24,007 | 30,007 | 38,009 | 48,010 | 60,012 | 75,013 | 95,016 |
| $d_3$ | H10 | 17 | 21 | 26 | 34 | 42 | 53 | 67 |
| $d_4$ | H11 | 20,5 | 25,5 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 |
| $d_5$ | | 19 | 23 | 29 | 37 | 46 | 58 | 73 |
| $d_6$ | max. | 4,2 | 5 | 6,8 | 8,4 | 10,2 | 12 | 14 |
| $d_7$ | $^{0}_{-0,1}$ | 17,4 | 21,8 | 26,6 | 34,5 | 42,5 | 53,8 | — |
| $d_8$ | | 4 | 4,6 | 6 | 7,5 | 8,5 | 12 | — |
| $d_9$ | max. | 34 | 42 | 53 | 68 | 88 | 111 | 144 |
| $d_{10}$ | $^{0}_{-0,1}$ | 34,8 | 43 | 55 | 70 | 92 | 117 | 152 |
| $d_{11}$ | $^{0}_{-0,1}$ | 45 | 59,3 | 72,3 | 88,8 | 109,75 | 134,75 | 169,75 |
| $d_{12}$ | | 4 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| $d_{13}$ | | 3 | 3,5 | 5 | 6 | 7 | 8,5 | 10 |
| $f_1$ | $^{0}_{-0,1}$ | 20 | 26 | 26 | 26 | 29 | 29 | 31 |
| $f_2$ | min. | 35 | 42 | 42 | 42 | 45 | 45 | 47 |
| $f_3$ | ±0,1 | 16 | 18 | 18 | 18 | 20 | 20 | 22 |
| $f_4$ | $^{+0,15}_{0}$ | 2 | 3,75 | 3,75 | 3,75 | 3,75 | 3,75 | 3,75 |
| $h_1$ | $^{0}_{-0,4}$ | 16 | 20 | 25 | 31,5 | 40 | 50 | 62,5 |
| $h_2$ | $^{0}_{-0,3}$ | 12 | 15,5 | 20 | 25 | 31,5 | 39,5 | 50 |
| $h_3$ | $^{+0,2}_{0}$ | 5,2 | 5,1 | 5,0 | 4,9 | 4,9 | 4,8 | 4,8 |
| $l_1$ | $^{0}_{-0,2}$ | 16 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 |
| $l_2$ | | 3,2 | 4 | 5 | 6,3 | 8 | 10 | 12,5 |
| $l_3$ | JS10 | 8,92 | 11,42 | 14,13 | 18,13 | 22,85 | 28,56 | 36,27 |
| $l_4$ | $^{0}_{-0,1}$ | 8 | 8 | 10 | 10 | 12,5 | 12,5 | 16 |
| $l_5$ | $^{+0,3}_{0}$ | 0,8 | 0,8 | 1 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 |
| $l_6$ | ±0,1 | 5 | 6 | 7,5 | 9 | 12 | 15 | 18,5 |
| $l_7$ | $^{0}_{-0,1}$ | 16 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 |
| $r_1$ | | 0,6 | 0,8 | 1 | 1,2 | 1,6 | 2 | 2,5 |
| $r_2$ | | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 |
| $r_3$ | | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 1 | 1,2 |
| $r_4$ | | 0,5 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2 | — |
| $r_5$ | | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| $r_6$ | | 5 | 6 | 8 | 7 | 10 | 12,5 | 16 |
| t | | 0,0020 | 0,0020 | 0,0025 | 0,0030 | 0,0040 | 0,0040 | 0,0050 |
| Freistich DIN 509–F | | 0,2 x 0,1 | 0,4 x 0,2 | 0,6 x 0,2 | 0,6 x 0,2 | 1 x 0,2 | 1 x 0,2 | 1,6 x 0,3 |
| O-Ring [1] | | 16x1 | 18,77x1,78 | 21,89x2,62 | 29,82x2,62 | 36,09x3,53 | 47,6x3,53 | — |

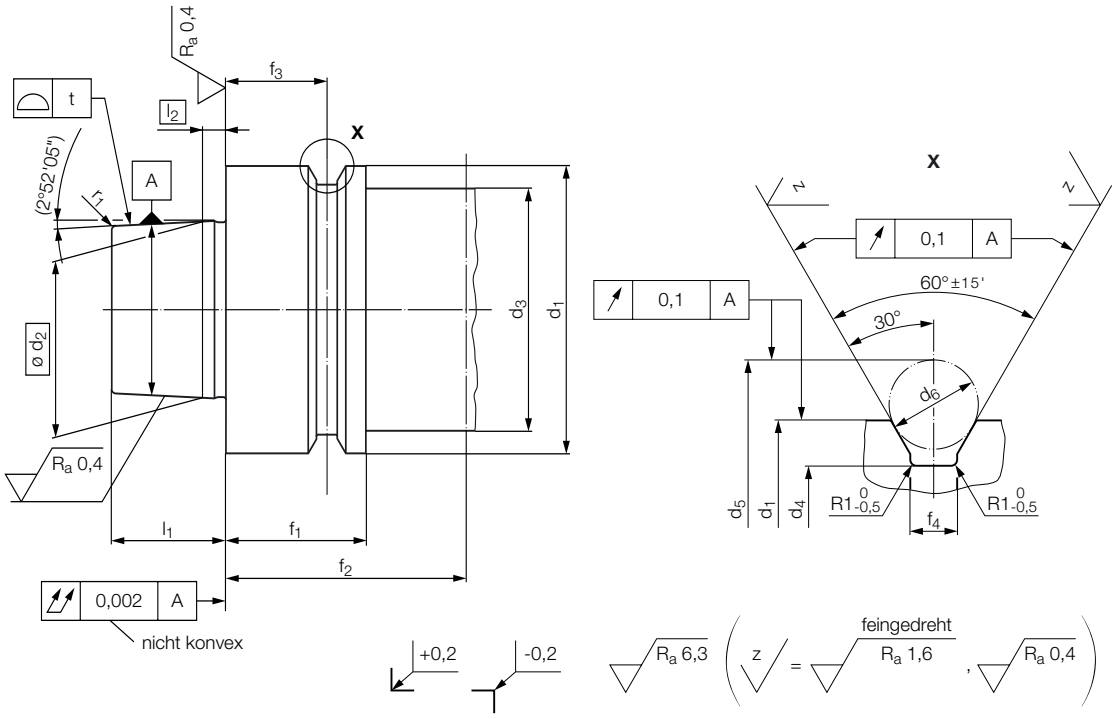
[1] Die Notwendigkeit der Bestückung ist abhängig vom verwendeten Spannsystem (gehört nicht zum Lieferumfang).

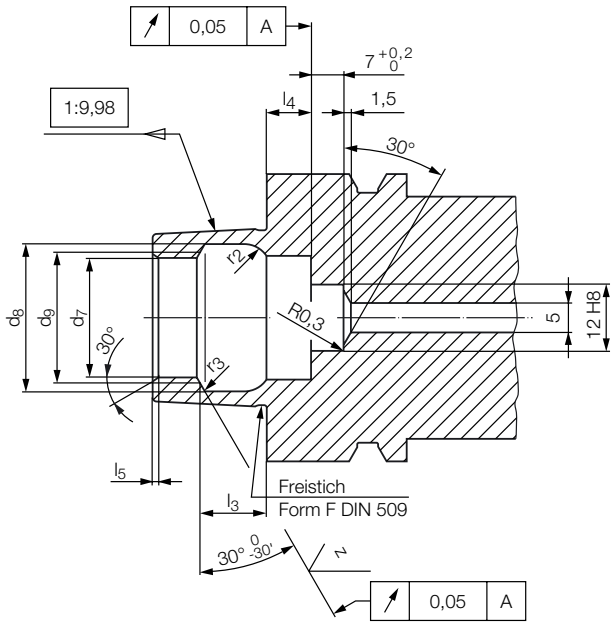




## 2.5.3 DIN 69893-6 (Auszug)
## Kegel-Hohlschäfte mit Plananlage

**Form F** für automatischen Werkzeugwechsel





# Schaftformen für Werkzeuge

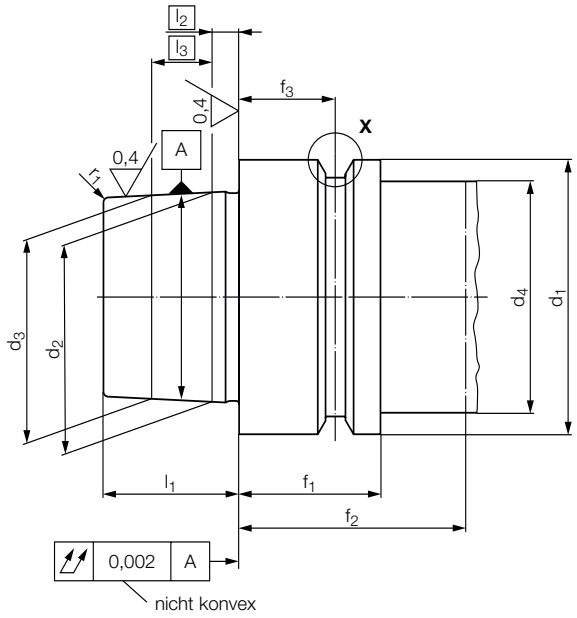
HSK

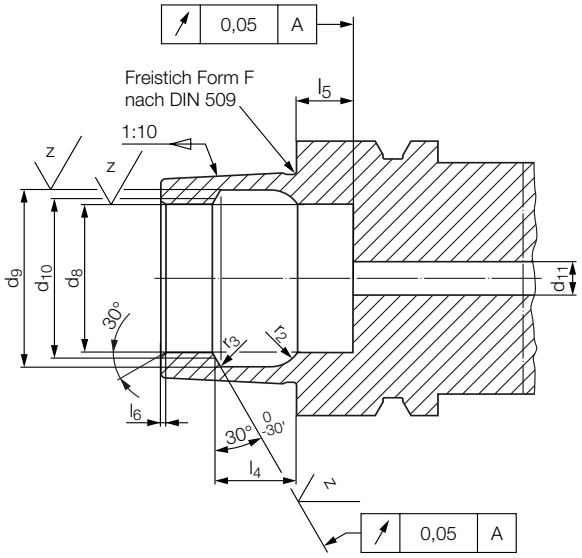
**Abmessungen für Form F**

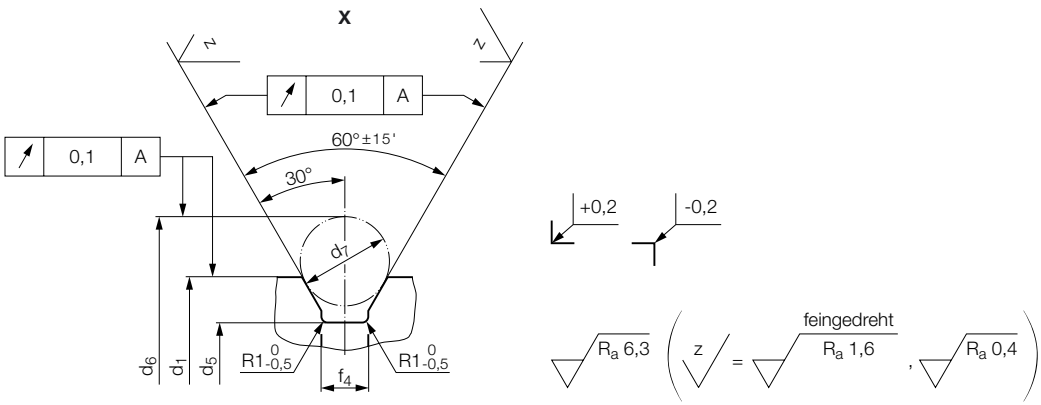
| | | Nenngröße 50 | 63 | 80 |
|---|---|---|---|---|
| $d_1$ | h10 | 50 | 63 | 80 |
| $d_2$ | | 30,007 | 38,009 | 48,010 |
| $d_3$ | max. | 42 | 53 | 68 |
| $d_4$ | $^{0}_{-0,1}$ | 43 | 55 | 70 |
| $d_5$ | $^{0}_{-0,1}$ | 59,3 | 72,3 | 88,8 |
| $d_6$ | | 7 | 7 | 7 |
| $d_7$ | H10 | 21 | 26 | 34 |
| $d_8$ | H11 | 25,5 | 32 | 40 |
| $d_9$ | | 23 | 29 | 37 |
| $f_1$ | $^{0}_{-0,1}$ | 26 | 26 | 26 |
| $f_2$ | min. | 42 | 42 | 42 |
| $f_3$ | ±0,1 | 18 | 18 | 18 |
| $f_4$ | $^{+0,15}_{0}$ | 3,75 | 3,75 | 3,75 |
| $l_1$ | $^{0}_{-0,2}$ | 20 | 25 | 32 |
| $l_2$ | | 4 | 5 | 6,3 |
| $l_3$ | JS10 | 11,42 | 14,13 | 18,13 |
| $l_4$ | $^{0}_{-0,1}$ | 8 | 10 | 10 |
| $l_5$ | $^{+0,3}_{0}$ | 0,8 | 1 | 1 |
| $r_1$ | | 0,8 | 1 | 1,2 |
| $r_2$ | | 5 | 6 | 8 |
| $r_3$ | | 0,4 | 0,5 | 0,6 |
| t | | 0,0020 | 0,0025 | 0,0030 |
| Freistich DIN 509–F | | 0,4 x 0,2 | 0,6 x 0,2 | 0,6 x 0,2 |

## 2.5.4 DIN 69893-5
## Kegel-Hohlschäfte mit Plananlage, für Hochgeschwindigkeitsbearbeitung

**Form E** für automatischen Werkzeugwechsel





# Schaftformen für Werkzeuge

HSK

**Abmessungen für Form E**

| | | Nenngröße | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 |
| $d_1$ | h10 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 |
| $d_2$ | | 19 | 24 | 30 | 38 | 48 |
| | Grenz-abmaße | +0,006<br>+0,004 | +0,007<br>+0,005 | +0,007<br>+0,005 | +0,009<br>+0,006 | +0,011<br>+0,007 |
| $d_3$ | | 18,15 | 23,27 | 29,05 | 36,90 | 46,53 |
| | Grenz-abmaße | +0,004<br>+0,002 | +0,005<br>+0,003 | +0,005<br>+0,003 | +0,006<br>+0,003 | +0,007<br>+0,003 |
| $d_4$ | max. | 20 | 26 | 34 | 42 | 53 |
| $d_5$ | 0<br>-0,1 | 22 | 26,5 | 34,8 | 43 | 55 |
| $d_6$ | 0<br>-0,1 | 28,5 | 37 | 45 | 59,3 | 72,3 |
| $d_7$ | | 3 | 4 | 4 | 7 | 7 |
| $d_8$ | H10 | 14 | 17 | 21 | 26 | 34 |
| $d_9$ | H11 | 16,4 | 21 | 25,5 | 32 | 40 |
| $d_{10}$ | | 15 | 19 | 23 | 29 | 37 |
| $d_{11}$ | max. | 3 | 4,2 | 5 | 6,8 | 8,4 |
| $l_1$ | 0<br>-0,2 | 13 | 16 | 20 | 25 | 32 |
| $l_2$ | | 2,5 | 3,2 | 4 | 5 | 6,3 |
| $l_3$ | | 8,5 | 7,3 | 9,5 | 11 | 14,7 |
| $l_4$ | JS10 | 7,21 | 8,92 | 11,42 | 14,13 | 18,13 |
| $l_5$ | 0<br>-0,1 | 6 | 8 | 8 | 10 | 10 |
| $l_6$ | +0,3<br>0 | 0,6 | 0,8 | 0,8 | 1 | 1 |
| $r_1$ | | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 1 | 1,2 |
| $r_2$ | | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 |
| $r_3$ | | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,6 |
| $f_1$ | 0<br>-0,1 | 10 | 20 | 20 | 26 | 26 |
| $f_2$ | min. | 20 | 35 | 35 | 42 | 42 |
| $f_3$ | ±0,1 | 4,5 | 16 | 16 | 18 | 18 |
| $f_4$ | +0,15<br>0 | 2 | 2 | 2 | 3,75 | 3,75 |
| Freistich DIN 509–F | | 0,2 x 0,1 | 0,2 x 0,1 | 0,4 x 0,2 | 0,6 x 0,2 | 0,6 x 0,2 |

# Schnellarbeitsstahl




3



Seite


**3.1 Einleitung . . . . . 78**

**3.2 Welche Anforderungen werden an die Werkzeug-Werkstoffe für Zerspanungswerkzeuge gestellt? . . . . . 78**

3.2.1 Plastische Verformung . . . . . 78
3.2.2 Zähigkeit . . . . . 78
3.2.3 Verschleißverhalten . . . . . 78

**3.3 Historische Entwicklung und Legierungselemente der Schnellarbeitsstähle . . . . . 79**

3.3.1 Chrom-Einfluss . . . . . 79
3.3.2 Wolfram-Einfluss . . . . . 79
3.3.3 Der erste Schnellarbeitsstahl . . . . . 80
3.3.4 Kobalt-Einfluss . . . . . 80
3.3.4.1 Wie wirkt Kobalt als Legierungselement? . . . . . 80
3.3.4.2 Was Kobalt nicht tut . . . . . 80
3.3.4.3 Nachteile von Kobaltzusätzen . . . . . 81
3.3.4.4 Einfluss auf Leistung oder Schneidhaltigkeit von Schnellarbeitsstahl . . . 81
3.3.4.5 Zusammenfassung . . . . . 81
3.3.5 Vanadin-Einfluss . . . . . 82
3.3.6 Einflüsse der Legierungselemente . . . . . 82
3.3.6.1 Einfluss auf die Bearbeitbarkeit . . . . . 82
3.3.6.2 Einfluss auf das Gebrauchsverhalten . . . . . 82
3.3.7 Weitere Legierungsvarianten . . . . . 83
3.3.8 Grundlegierungen heutiger Schnellarbeitsstähle . . . . . 83
3.3.9 Übersicht über den Einfluss der Legierungselemente auf die Schnellarbeitsstähle . . . . . 83

**3.4 Einflüsse der Wärmebehandlung . . . . . 84**

**3.5 Einflüsse der Stahlherstellungsverfahren auf Gefüge und Eigenschaften . . . . . 85**

3.5.1 Schmelzmetallurgische Herstellung . . . . . 86
3.5.1.1 Einfluss auf Karbide . . . . . 86
3.5.1.2 Einfluss auf Seigerungen . . . . . 86
3.5.1.3 ESU-Verfahren . . . . . 87
3.5.1.4 Strangguss-Verfahren . . . . . 87
3.5.2 Pulvermetallurgische Herstellung . . . . . 88
3.5.3 Schleifbarkeit und Verschleißbeständigkeit von PM-Material . . . . . 91

**3.6 Ausblick . . . . . 92**

**3.7 Eingeführte gebräuchliche Schnellarbeitsstahl-Legierungen und deren Anwendungen . . . . . 92**




# Schnellarbeitsstahl

## 3.1 Einleitung

Dieses Kapitel beschreibt die für die Zerspanungswerkzeug-Herstellung wesentlichen Anforderungen und Eigenschaften der Schnellarbeitsstähle. Besonders eingegangen wird auf den Einfluss der Legierungselemente, der Warmbehandlung und der Stahlherstellungsverfahren. Das Kapitel gibt einen Überblick über die Grundtypen der Schnellarbeitsstähle, nennt die heute gebräuchlichen Sorten und gibt einen Ausblick auf künftige Entwicklungen.

## 3.2 Welche Anforderungen werden an die Werkzeug-Werkstoffe für Zerspanungswerkzeuge gestellt?

Bei der Herstellung von Präzisionswerkzeugen erfüllt Schnellarbeitsstahl die Wünsche nach einer guten Bearbeitbarkeit im weichgeglühten Zustand z.B. durch Drehen und Fräsen, aber auch im gehärteten Zustand durch Schleifen. Die verwendeten Stähle haben bei der Wärmebehandlung nur geringe und abschätzbare Maßänderungen. Schnellarbeitsstähle haben eine ausreichend hohe Anlassbeständigkeit, so dass das Aufbringen harter Oberflächenschichten bei Temperaturen oberhalb 500 °C (Nitrieren, PVD-Beschichten) ohne Beeinflussung des Härtungsgefüges möglich ist. Die bei Beanspruchung eines Werkzeuges geforderten Eigenschaften lassen sich für alle Werkzeuge auf drei grundlegende Merkmale zusammenfassen.

### 3.2.1 Plastische Verformung

Die Werkzeugform darf sich unter Beanspruchung nicht bleibend, d.h. plastisch verändern. Im Hinblick auf die Werkzeugeigenschaften heißt das, dass der wärmebehandelte Stahl eine ausreichend hohe Fließgrenze haben muss. Die Fließgrenze hängt im Wesentlichen direkt von der Härte ab, weshalb der Stahl eine ausreichend hohe Härte haben muss, um sich unter Beanspruchung nicht zu verformen. Es muss darauf hingewiesen werden, dass sich elastische Formänderungen eines Werkzeuges durch die Stahlauswahl oder die von der Wärmebehandlung abhängige Härte nicht beeinflussen lassen. Das ist darauf zurückzuführen, dass alle Stähle, auch die Schnellarbeitsstähle, für alle Wärmebehandlungszustände den gleichen Elastizitätsmodul von ca. 200.000 N/mm$^2$ haben. Elastische Formänderungen eines Werkzeuges lassen sich deshalb nur durch Erhöhung des Widerstandmomentes, also durch die Werkzeugform z.B. Werkzeugquerschnitt oder Verhältins Durchmesser/Länge beeinflussen.

### 3.2.2 Zähigkeit

Werkzeuge sollten unter Beanspruchung nicht brechen oder ausbrechen. Diese Forderung nach Bruchsicherheit bezeichnet man landläufig auch mit Zähigkeit. Sie verlangt, dass der Werkstoff auch bei hohen Härten noch eine ausreichende Plastizität besitzt, damit Spannungsspitzen, die an die Materialfestigkeit des Werkzeuges heranreichen und den Bruch auslösen, im mikroskopischen Bereich plastisch abgebaut werden können. Auch harte Schnellarbeitsstähle haben noch ein geringes, aber in der Regel ausreichendes plastisches Verformungsvermögen, um bei normaler Beanspruchung das Brechen zu verhindern.

### 3.2.3 Verschleißverhalten

Die dritte Anforderung an Werkzeugeigenschaften unter Beanspruchungsbedingungen betrifft das Verschleißverhalten. Sie besagt, dass die Werkzeugoberfläche beim Einsatz möglichst unverändert bleibt bzw. der Verschleiß (z.B. Furchungs- oder Riefenverschleiß) an der Freifläche oder die Kaltverschweißneigung und Kolkbildung auf der Spanfläche möglichst klein sein soll. Schnellarbeitsstähle haben sehr hohe Härten, und das auch bei der Erwärmung der Schneiden bis etwa 600 °C (Warmhärte). Das Verschleißverhalten hängt aber nicht nur von der messbaren Härte (das ist im Wesentlichen die Härte des martensitischen Grundgefüges), sondern auch von den im Stahl eingelagerten Hartstoffen (Karbiden) ab.

## 3.3 Historische Entwicklung und Legierungselemente der Schnellarbeitsstähle

Die für Zerspanungswerkzeuge verwendeten und geeigneten Stähle haben Zusammensetzungen, die wir unter dem Gruppennamen Schnellarbeitsstähle kennen. Die Gründe für den Legierungsaufbau der Schnellarbeitsstähle lassen sich am einfachsten erklären, wenn man ihre geschichtliche Entwicklung betrachtet.

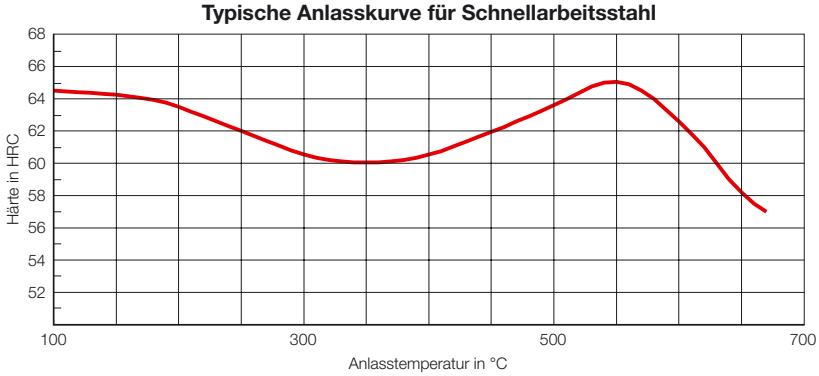
### 3.3.1 Chrom-Einfluss

In den Anfängen der Zerspanungstechnik – meist handelte es sich um Dreharbeiten – hatte man nur unlegierte oder niedriglegierte Stähle mit C-Gehalten von ca. 1% zur Verfügung. Sie hatten schon die wichtigsten Eigenschaften von Werkzeugstählen, nämlich eine niedrige Härte und damit gute mechanische Bearbeitbarkeit im weichgeglühten Zustand und eine für das Gebrauchsverhalten gute Härtbarkeit auf ca. 65 HRC. Diese unlegierten oder niedriglegierten Stähle waren zwar formbeständig, hatten aber auch eine gewisse Verschleißfestigkeit und Zähigkeit. Sie erreichten aber nur bei dünnen Werkzeugquerschnitten von einigen Millimetern Oberflächenhärtewerte von 65 HRC. Ein wesentlich größerer Nachteil dieser Stähle war es jedoch, dass sie nicht anlassbeständig sind, sprich ihre Härte fällt beim Erwärmen, wie sie beim Werkzeugeinsatz nicht vermeidbar ist, rasch ab, so dass man mit diesen Stählen nur sehr langsam und mit starker Kühlung drehen konnte.
Vor über 100 Jahren stellte man bereits fest, dass Legierungszusätze die Durchhärtung erhöhen, so dass größere Querschnitte bei den praktisch möglichen Abkühlgeschwindigkeiten während des Härtevorganges auch im Kern hart werden. Man experimentierte mit verschiedenen Legierungselementen wie Mangan, Silizium und auch Chrom. Heute wird für das Durchhärten der Werkzeuge in Schnellarbeitsstählen ausschließlich das Legierungselement Chrom verwendet. Es hat sich herausgestellt, dass Legierungsgehalte von ca. 4% Cr ausreichen, um eine gleichmäßige Härteannahme von 65 HRC für die gebräuchlichen Werkzeugmaße zu erreichen. Schnellarbeitsstähle sind deshalb durchwegs mit 4% Cr legiert.

### 3.3.2 Wolfram-Einfluss

Weitere Experimente wurden um 1900 auch mit den damals bekannten und wirtschaftlich herstellbaren Legierungsstoffen wie Wolfram und Vanadin durchgeführt. Dabei stellte man zunächst fest, dass durch diese Legierungselemente der Härteabfall beim Erwärmen oder Anlassen gehärteter Werkzeuge geringer war. Die für Zerspanungswerkzeuge wichtige Eigenschaft der hohen Anlassbeständigkeit bei Temperaturen bis nahezu 600 °C (Sekundärhärte) und einen nur geringen Härteverlust beim Erwärmen bis zu Temperaturen von ca. 600 °C entdeckte man aber erst, als um 1900 Taylor und White in England Stähle mit höherem Wolframgehalt von einer bis dahin unüblichen Härtetemperatur von 1200 °C, also dicht unterhalb der Aufschmelztemperatur, härteten. Bei so hohen Härtetemperaturen werden größere Mengen Wolframkarbid gelöst. Die Grundmasse wird dadurch an Wolfram so angereichert, dass sie bis zu Temperaturen von ca. 600 °C nur wenig erweicht und sich beim Anlassen oberhalb etwa 400 °C feine Karbide ausscheiden, die zu erheblichen Härtesteigerungen zwischen 500 und 600 °C führen (Sekundärhärtemaximum). Zur Härtesteigerung beim Anlassvorgang trägt auch z.T. die Umwandlung des nach dem Härten vorhandenen, noch nicht martensitisch umgewandelten Austenits (Restaustenits) bei. Dadurch ergibt sich die für Schnellarbeitsstähle typische Anlasskurve mit dem Sekundärhärtemaximum um ca. 550 °C und der geringe Abfall der Härte (Warmhärte) auf Beanspruchungstemperaturen.

**Typische Anlasskurve für Schnellarbeitsstahl**








### 3.3.3 Der erste Schnellarbeitsstahl

Die Stahllegierung, die Taylor und White verwendeten, hatte eine Zusammensetzung von ca. 0,8% C, 4% Cr, 18% W und V-Zusätze. Das ist eine Zusammensetzung, die heute noch unter der AISI-Bezeichnung T1 oder unter Werkstoff-Nr. 1.3355 (S 18-0-1) erschmolzen wird. Diese Legierung hat jedoch den Nachteil, dass sie in sehr groben eutektischen Karbidformen (skelettartig geformte Karbide) erstarrt. In verformtem Material findet man deswegen hier sehr grobe Karbidbrocken, die die Zähigkeit herabsetzen. Weil man mit dieser Stahllegierung bei Anwendung sehr hoher Härtetemperaturen mit wesentlich höheren Schnittgeschwindigkeiten arbeiten konnte, wurden diese und ähnliche Legierungen Schnellarbeitsstähle genannt.
Man erprobte in den nächsten Jahren die Wirkung anderer Legierungselemente, insbesondere die von Vanadin, Kobalt und Molybdän. Dabei fand man heraus, dass sich Wolfram durch Molybdän ersetzen lässt und dabei die gleichen Eigenschaften erhalten werden, wenn zwei Gewichtsteile Wolfram durch ein Teil Molybdän ersetzt werden. Folglich hat ein Stahl mit ca. 0,9% C, 4% Cr, 9% Mo, 1% V das gleiche Gebrauchsverhalten wie der 18%ige Wolframstahl. Seit den 50er Jahren wurden dann auch Stähle produziert, in denen nur ein Teil des Wolframs durch Molybdän ersetzt wurde. Dadurch war man von den Schwankungen der Legierungspreise des Wolframs oder des Moybdäns unabhängiger. Außerdem hatte man in der Schrottwirtschaft in den Stahlwerken mehr Freiheiten, so dass eine weitere, den ersten beiden gleichwertige Grundlegierung entstand. Diese ist mit 0,9% C, 6% W, 5% Mo, 2% V die heute am weitesten verbreitete Schnellarbeitsstahl-Legierung.

### 3.3.4 Kobalt-Einfluss

Die Bedeutung und Wirkung von Kobalt als Legierungselement in Schnellarbeitsstahl (seit 1912 verwendet), nimmt unter den Legierungselementen eine Sonderstellung ein. Kobalt verbindet sich mit Kohlenstoff nicht zu Karbiden – es hat also keine direkte verschleißmindernde Wirkung – und beeinflusst die Umwandlungstemperaturen nicht nennenswert, d.h., die Wärmezuführung beim Härten muss auf Grund von Kobaltzusätzen nicht verändert werden.

#### 3.3.4.1 Wie wirkt Kobalt als Legierungselement?

Kobalt erleichtert die Kohlenstoffdiffusion im austenitischen Zustand und verringert die Diffusionsmöglichkeit des Kohlenstoffes im ferritischen (und auch im martensitischen) Zustand. Durch die Beeinflussung der Kohlenstoffdiffusion wird die Karbidkeimbildung gefördert, das Wachstum oder die Koagulationsneigung der Karbide aber verzögert. Dieser Einfluss des Kobalts macht sich wie folgt bemerkbar:

- Der austenitische Zustand ist etwas weniger stabil und die Härtbarkeit ist somit etwas schlechter. Das macht sich aber nur bei großen Werkzeugabmessungen (> Ø 150 mm) bemerkbar, die rascher abgekühlt werden müssen, wenn der Kobaltgehalt höher ist.
- Durch die Beeinflussung der Karbidkeimbildung ist die Zahl der Sonderkarbide in kobalthaltigen Stählen größer, wodurch die Sekundärhärte ansteigt.
- Da das Karbidwachstum der Sonderkarbide bei hohen Temperaturen verzögert wird, haben kobalthaltige Stähle eine höhere Warmhärte und auch eine höhere Anlassbeständigkeit.
- Der Restaustenitgehalt zerfällt beim Anlassen wegen der besseren Kohlenstoffdiffusion im Austenit schneller. Praktisch hat das aber keine Bedeutung, da bei üblicher Anlassbehandlung von zwei- oder dreimal 2 Stunden und Temperaturen von 560 °C und mehr, Restaustenit immer unter die Nachweisgrenze abfällt.

#### 3.3.4.2 Was Kobalt nicht tut

- Kobalt bildet keine Karbide oder Sonderkarbide.
- Kobalt ist in Karbiden nur in geringen Mengen nachweisbar.
- Die Umwandlungstemperaturen werden nicht oder nur geringfügig (bei den heute üblichen Schnellarbeitsstahlsorten) verändert. Kobaltzusätze haben deshalb keinen Einfluss auf die Härtebedingungen.
- Die erreichte Härte nach dem Härten (Abschreckhärten) wird durch Kobalt nicht beeinflusst.
- Die Menge des Restaustenits wird durch Kobalt nicht beeinflusst. Der Restaustenitgehalt hängt nur von den Austenitisierungsbedingungen (Härtetemperatur und Haltezeit) ab.

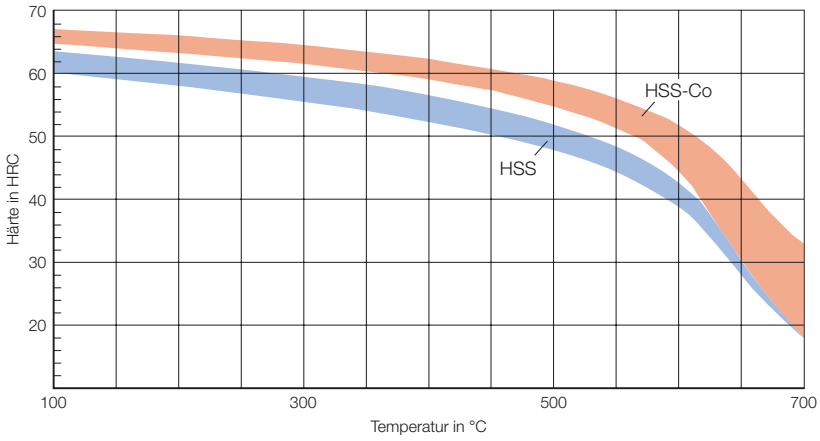
### 3.3.4.3 Nachteile von Kobaltzusätzen

Kobalt verringert die Zähigkeit der Stähle. Folglich weisen kobalthaltige Stähle bei gleicher Härte mit zunehmendem Kobaltgehalt eine größere Bruchempfindlichkeit auf. Darüber hinaus hat Kobalt auch einen indirekten Einfluss auf die Verringerung der Zähigkeit, da kobalthaltige Stähle häufig mit höherer Härte eingesetzt werden und der höhere Härtungszustand von sich aus eine Verringerung der Bruchsicherheit mit sich bringt.

### 3.3.4.4 Einfluss auf Leistung oder Schneidhaltigkeit von Schnellarbeitsstahl

Ob sich Kobaltzusätze vorteilhaft oder eventuell auch nachteilig auf die Standzeit der Werkzeuge auswirken, hängt von den Schneidbedingungen, unter denen die Werkzeuge arbeiten, ab. Wenn die Temperaturbelastung der Schneide sehr hoch ist, also eine hohe Warmhärte und auch Anlassbeständigkeit gefordert wird, kann durch Kobaltzusätze die Standzeit merklich verbessert werden.
Wenn dagegen von den Werkzeugen eine höhere Bruchsicherheit gefordert wird, stellt man beim Arbeiten häufig eine Verringerung der Standzeit der Werkzeuge mit zunehmendem Kobaltgehalt fest. Ob die Bruchsicherheit noch ausreicht, hängt auch von der Härte oder Festigkeit des zu bearbeitenden Werkstoffes, von der Schneidengeometrie und auch von der Schnittgeschwindigkeit ab.
Wenn die Werkzeugtemperaturen im Schneidenbereich 500 °C nicht nennenswert überschreiten, ist die Verwendung von kobaltlegierten Stählen nicht sinnvoll. Wenn sehr harte Werkstoffe bearbeitet werden und es dadurch zu einer hohen Schneidenerwärmung kommt, können kobaltlegierte Stähle vorteilhaft sein.

**Einfluss des Kobalts auf die Warmhärte des Schnellarbeitsstahles**




### 3.3.4.5 Zusammenfassung

Die Wirkung des Kobalts ist nur auf ein begrenztes Einsatzgebiet beschränkt, nämlich dann, wenn keine hohen Zähigkeitsanforderungen aber eine hohe Warmhärte und Anlassbeständigkeit von den Werkzeugen gefordert wird. Bei Kobalt-Gehalten zwischen 5 und 10% steigt die Sekundärhärte deutlich an und die Härte auf Arbeitstemperatur, also die Warmhärte, ist höher als bei kobaltfreien Legierungen. Kobalt bildet keine Karbide wie die anderen Legierungselemente in Schnellarbeitsstahl. Die Wirkung des Kobalts beruht auf einer Beeinträchtigung der Diffusionsmöglichkeit im Stahl. Dadurch sind die im Sekundärhärtebereich ausgeschiedenen Sonderkarbide des Wolframs, Vanadins und Molybdäns feiner, so dass die Gitterbeweglichkeit (Wanderung von Versetzungen) eingeschränkt wird. Gleichzeitig wird dadurch das Anwachsen (die Koagulation) der Sekundärkarbide gebremst. Dadurch wachsen die Sekundärkarbide langsamer und die Härte bleibt bis zu einigen 10 °C höheren Anlasstemperaturen erhalten. Bei einem Kobaltgehalt oberhalb 5% nimmt die Wirkung auf Warmhärte und Anlassbeständigkeit jedoch nur noch geringfügig zu.

### 3.3.5 Vanadin-Einfluss

Die Untersuchungen über den Einfluss des Vanadins zeigten, dass sich die V-Karbide beim Härten nur in geringen Mengen in der Grundmasse lösen (maximal etwa 0,5% V) und weitestgehend unverändert bleiben. Da das V-Karbid mit ca. 2500 HV wesentlich härter ist als die übrigen Karbide (Cr-Karbide $Cr_{23}$ $C_6$ ca. 1500 HV, W- und Mo-Karbide ca. 1800 HV), steigt mit dem V-Gehalt in Schnellarbeitsstählen dessen Verschleißfestigkeit beträchtlich an. Mehr als 5% V werden in herkömmlich über Blockguss hergestellten Schnellarbeitsstählen jedoch nicht verwendet, weil mit zunehmendem V-Gehalt der Verformbarkeit Grenzen gesetzt werden, auch wenn man den Gehalt anderer Legierungselemente herabsetzt. Außerdem wirkt sich die gute Verschleißbeständigkeit auf die Schleifbarkeit bei der Werkzeugherstellung aus, weshalb Schnellarbeitsstähle mit höherem V-Gehalt keinen großen Marktanteil haben. Am häufigsten ist noch eine Sorte mit 3% V am Markt zu finden: 1,3% C, 4% Cr, 6% W, 5% Mo, 3%V (S 6-5-3, bzw. M3, bzw. 1.3344).

### 3.3.6 Einflüsse der Legierungselemente

#### 3.3.6.1 Einfluss auf die Bearbeitbarkeit

Der Einfluss der Legierungselemente geht weitestgehend schon aus der beschriebenen Entwicklungsgeschichte hervor. Wenn man die Legierungseinflüsse getrennt nach Werkzeugherstellung und Werkzeuganwendung betrachtet – die zu vergleichenden Werkstoffe sollten dabei immer etwa gleiche Härtewerte aufweisen – kann man diese wie folgt zusammenfassen:
Bei der Werkzeugherstellung fallen insbesondere die V-legierten Schnellarbeitsstähle auf, weil mit zunehmendem V-Gehalt die Schleifbarkeit erheblich schlechter wird. Diesen nachteiligen Einfluss des Vanadins findet man bei pulvermetallurgisch hergestellten V-haltigen Schnellstählen nicht in diesem Maß.

#### 3.3.6.2 Einfluss auf das Gebrauchsverhalten

Bei der Betrachtung des Gebrauchsverhaltens wirken sich die verschiedenen Legierungen bei gleicher Härte nicht nennenswert auf die Fließgrenze, also die Grenze der Festigkeitsbeanspruchbarkeit aus. Bei 64 bis 65 HRC liegt die Fließgrenze für alle Schnellarbeitsstähle in der Größenordnung von 3000 N/mm$^2$. Hinsichtlich der Zähigkeit gibt es aber zwischen den Legierungen erhebliche Unterschiede, die besonders bei Härtewerten unter 64 HRC auffallend groß sind. Die Stahlsorten mit niedrigem Karbidgehalt (Werkstoff-Nr. 1.3333) oder jene, die überwiegend feine, runde Karbide haben (wie Werkstoff 1.3343), zeigen die größte Bruchsicherheit. Mit Zulegierung von Kobalt nimmt die Zähigkeit ab, weil durch Kobalt die Sekundärkarbidausscheidungen feiner sind, wodurch die Bewegung von Versetzungen erschwert und damit die Plastizität des Materials verringert wird. Mit zunehmendem V-Gehalt nimmt die Zähigkeit ebenfalls ab. Der Grund liegt hier in einer Erhöhung der inneren Kerbspannungen, weil die V-Karbide groß sind und eckige Form haben. Aus diesem Grund haben auch die reinen Wolfram-Stähle eine schlechtere Zähigkeit als die Mo-haltigen Sorten. Die Zähigkeit aller Schnellarbeitstähle nimmt mit zunehmender Härte, insbesondere im Härtebereich oberhalb 64 bis 65 HRC, erheblich ab. Wenn die Zähigkeitswerte bei hohen Härten auch sehr klein sind, so sind die Unterschiede zwischen den Schnellarbeitsstahlsorten doch immer noch so groß, dass die spröderen Sorten hier schon auf der Hooks'schen Geraden bei niedrigen Nennspannungen brechen, während die etwas zäheren Sorten durchaus noch bis über die Fließgrenze hinaus belastet werden können. Schnellarbeits-stähle, die pulvermetallurgisch hergestellt wurden, sind zäher. Der Legierungseinfluss ist bei PM-Stählen allerdings nicht besonders auffallend und in erster Linie vernachlässigbar. Hier spielt offenbar die gleichförmige Anordnung der Karbide die bestimmende Rolle. Der Einfluss der Legierungselemente auf die Verschleißfestigkeit der Schnellarbeitsstähle kommt bei gleicher Härte der Werkzeuge hauptsächlich über die Härte und Größe der Karbide zustande. Danach sind die W-haltigen Stähle wegen ihrer größeren Karbide geringfügig verschleißfester als die Mo-haltigen Sorten. Wesentlich für die Verschleißfestigkeit ist aber nur der Einfluss des Vanadins, dessen Karbide verhältnismäßig grob sind und deren Härte ca. 500 HV höher ist als die der übrigen Karbide.
Erwähnenswert ist eine weitere Legierungsvariante für Werkzeuge, die weniger warm arbeiten, aber eine hervorragende Verschleißfestigkeit bei niedrigen Arbeitstemperaturen haben sollen. Wegen der geringen Ansprüche an die Warmhärte hat man den W-Gehalt für solche Anwendungsfälle auf 12% erniedrigt, so dass man den V-Gehalt bei noch ausreichender Verformbarkeit auf 5% erhöhen konnte. Diese Legierungen haben eine Zusammensetzung von etwa 1,5% C, 4% Cr, 12% W, 4-5% V und Zusätze bis zu 5% Co.

### 3.3.7 Weitere Legierungsvarianten

Es gibt Versuche, Vanadin durch Titan und Niob zu ersetzen. Titan erwies sich als ungeeignet, weil Titankarbid zu leicht ist und durch Aufschwimmen in der Schmelze ausseigert. Der Ersatz des Vanadins durch Niob ist aber möglich, wird aber bisher nicht in größerem technischen Maßstab durchgeführt. Weiter sind Legierungen mit höherem Si-Gehalt versucht worden mit dem Ziel, eine Härtesteigerung herbeizuführen, weil Silizium die Reaktionsfähigkeit des Kohlenstoffes erhöht und höhere Härten erreichen lässt. Die Anlassbeständigkeit und Warmhärte dieser Si-legierten Stähle war aber unbefriedigend. Sie haben sich deshalb nicht behaupten können. Weiter sind Stähle mit 1% Al hergestellt worden. Aluminium soll dabei eine ähnliche Wirkung wie das sehr teuere Kobalt haben und dieses ersetzen. Eine nennenswerte Markteinführung wurde aber bisher nicht erreicht, weil die Wirkung des Aluminiums nicht hinreichend gesichert ist.

### 3.3.8 Grundlegierungen heutiger Schnellarbeitsstähle

Die heute gebräuchlichen Schnellarbeitsstähle kann man in folgende Grundlegierungen unterteilen:

**Schematische Einteilung der Schnellarbeitsstähle**

| Legierungstyp | C | Cr | W | Mo | V | Co | Besondere Eigenschaften | Beispiel Werkstoff Nr. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Grundlegierung | 0,9% | 4% | 6% | 5% | 2% | – | normale Anlassbeständigkeit und Warmhärte | 1.3343 |
| V-legiert | 1,3% | 4% | 6% | 5% | 3-4% | – | verschleißfester | 1.3344 |
| Co-legiert | 0,9% | 4% | 6% | 5% | 2% | 5-8% | höhere Härte, Warmhärte und Anlassbeständigkeit | 1.3243 |
| V-Co-legiert | 1,3% | 4% | 6(10)% | 5(4)% | 3% | 10% | höhere Verschleißfestigkeit und Anlassbeständigkeit, reduzierte Zähigkeit | 1.3207 |
| Wolfram erniedrigt, Vanadin erhöht | 1,5% | 4% | 4% | – | 5% | 5% | sehr verschleißfest, geringere Warmhärte | 1.3202 |

### 3.3.9 Übersicht über den Einfluss der Legierungselemente auf die Schnellarbeitsstähle

**Einfluss der Legierungselemente auf Schnellarbeitsstahl**

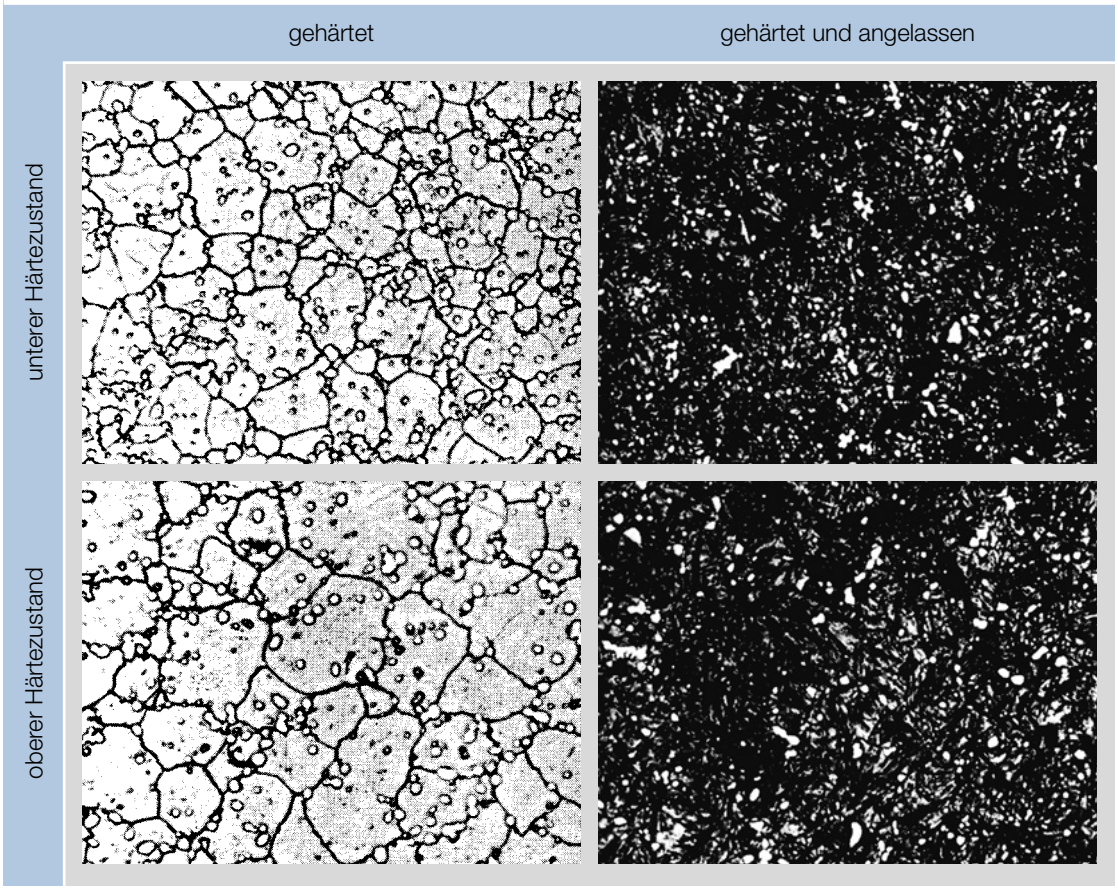
| Legierungselement | Härtbarkeit | Warmfestigkeit | Karbidbildung | Verschleißfestigkeit |
|---|---|---|---|---|
| Chrom | ↑ | ↑ | ↑↑ | ↑ |
| Wolfram | ↑↑ | ↑↑↑ | ↑↑ | ↑↑↑ |
| Vanadin | ↑↑ | ↑↑ | ↑↑↑↑ | ↑↑↑↑ |
| Kobalt | • | ↑↑↑ | • | • |
| Molybdän | ↑ | ↑↑ | ↑↑↑ | ↑↑ |
| Kohlenstoff | ↑↑ | ↑ | ↑↑↑ | ↑↑ |

↑ Erhöhung • gleichbleibend

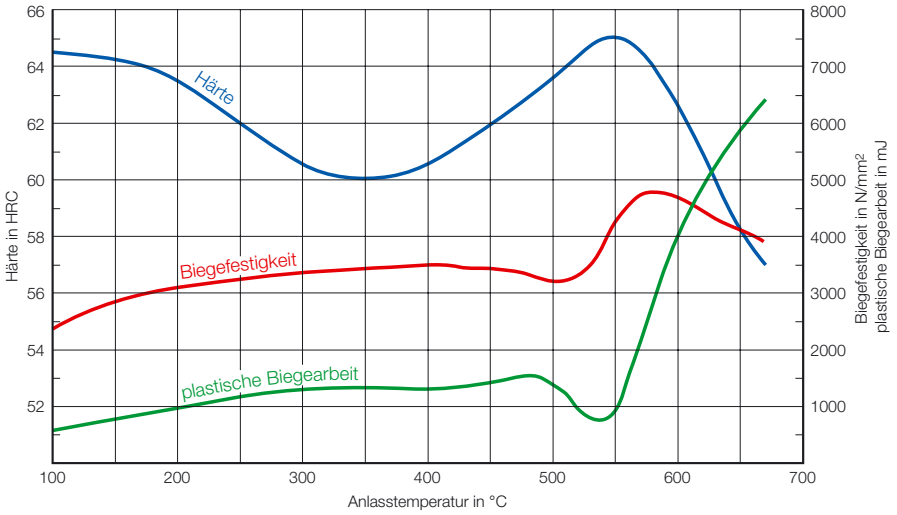
## 3.4 Einflüsse der Wärmebehandlung

Wesentlich ist der Einfluss der Wärmebehandlungs-Bedingungen nur auf das plastische Verhalten, also auf die Bruchsicherheit bzw. Zähigkeit. Mit steigender Härtetemperatur nimmt die Zähigkeit der behandelten Werkzeuge ab. Hier werden nämlich mehr Karbide gelöst und beim anschließenden Anlassvorgang als feinste Sekundärkarbide ausgeschieden, die die Beweglichkeit der Versetzungen und damit die Plastizität des Materials verringern.
Einen wesentlich größeren Einfluss als die Härtetemperatur hat jedoch die Höhe der Anlasstemperatur auf die Zähigkeit. Untersuchungen, die an allen Schnellarbeitstahl-Legierungen durchgeführt wurden zeigen, dass im Bereich der üblichen Anlasstemperatur um 550 °C, also im Bereich der Sekundärhärte, die Zähigkeit ungewöhnlich stark zunimmt, wenn die Anlasstemperatur oberhalb des Sekundärhärtemaximums liegt. Bei Anlasstemperaturen, die ca. 20 °C oberhalb des Härtemaximums liegen, fällt die Härte noch nicht nennenswert ab. Die Plastizität erreicht jedoch hier den 10- bis 50-fachen Wert dessen, den man bei gleicher Härte im Sekundärhärtemaximum oder darunter findet. Wenn die Werkzeugform oder die Beanspruchung hohe Zähigkeit verlangt ist es deshalb immer sinnvoll, so hoch wie möglich anzulassen.
Der Anlassvorgang sollte grundsätzlich dreimal durchgeführt werden, um den beim Anlassvorgang durch Restaustenit gebildeten Martensitanteil ebenfalls ausreichend anzulassen.

**Einfluss der Wärmebehandlung auf Karbide und Martensitbildung**



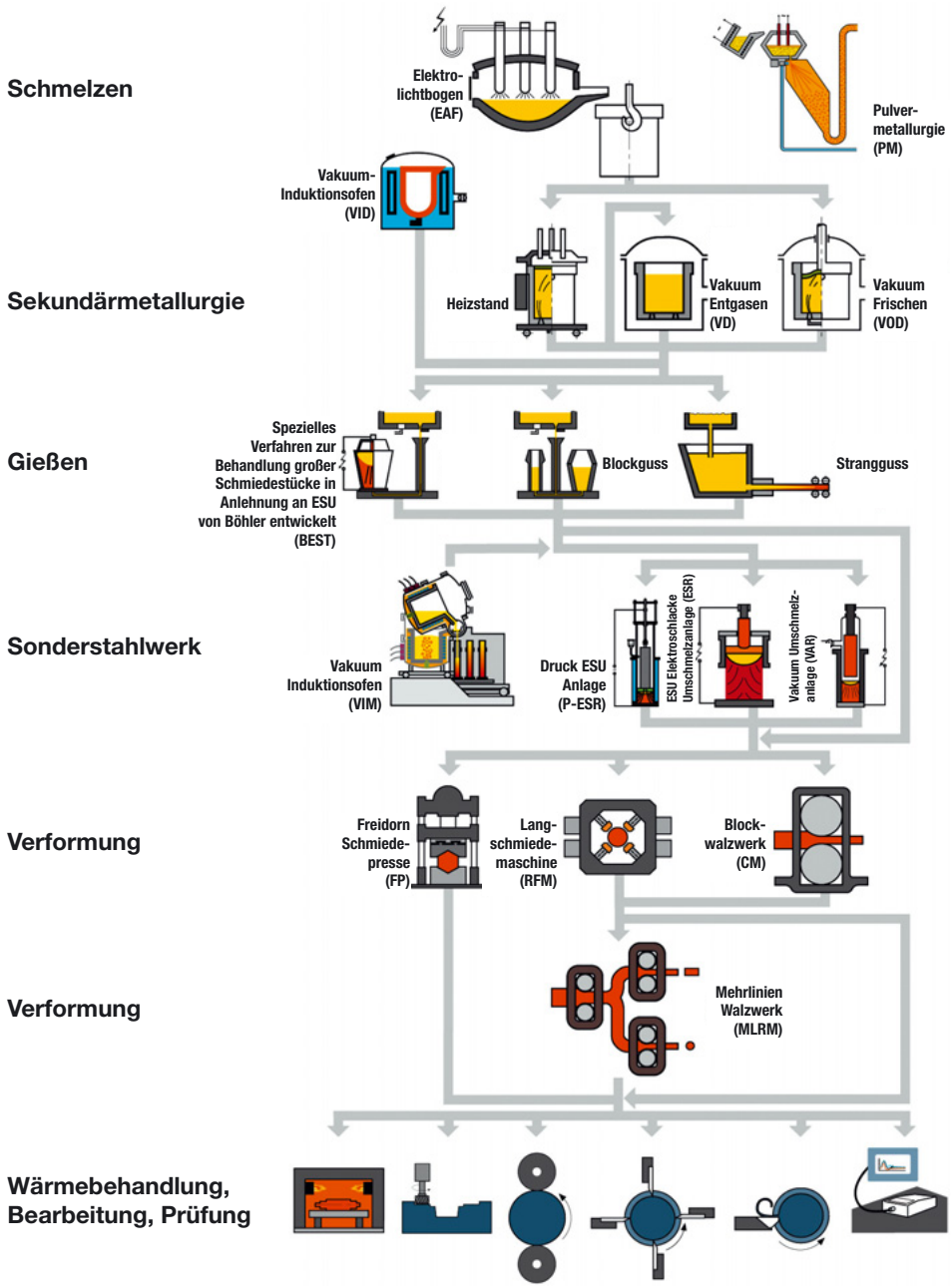
**Härte und mechanische Eigenschaften von Schnellarbeitsstählen in Abhängigkeit von der Anlasstemperatur**




## 3.5 Einflüsse der Stahlherstellungsverfahren auf Gefüge und Eigenschaften

Schnellarbeitsstähle werden heute für Zerspanungswerkzeuge zum Teil durch Verformen (Walzen oder Schmieden) von gegossenen Blöcken hergestellt. Für größere Querschnitte werden auch umgeschmolzene Blöcke (ESU-Blöcke) verwendet. Ein weiterer Teil Schnellarbeitsstahl wird auf pulvermetallurgischem Wege hergestellt. Dabei werden im Gasstrom verdüste Schnellarbeitsstahlpulver heißisostatisch zu Blöcken oder Stäben verpresst (gehipt) und anschließend ebenfalls gewalzt und geschmiedet.

## 3.5.1 Schmelzmetallurgische Herstellung




**Schmelzmetallurgische Herstellung von Schnellarbeitsstahl**

### 3.5.1.1 Einfluss auf Karbide

Die Stahlherstellungsverfahren beeinflussen die Größe und Verteilung der Karbide im Stahl und damit die von der Größe und Verteilung der Karbide abhängigen Eigenschaften des Schnellarbeitsstahles.

### 3.5.1.2 Einfluss auf Seigerungen

Die netzförmige Anordnung des Karbideutektikums im Block ist eine Entmischung (Seigerung) im mikroskopischen Bereich. Diese Seigerungen schaukeln sich über den Blockquerschnitt während des Erstarrungsvorganges auf, so dass man im Blockkern wesentlich gröbere Anhäufungen von Karbiden findet als im äußeren Blockteil.

### 3.5.1.3 ESU-Verfahren

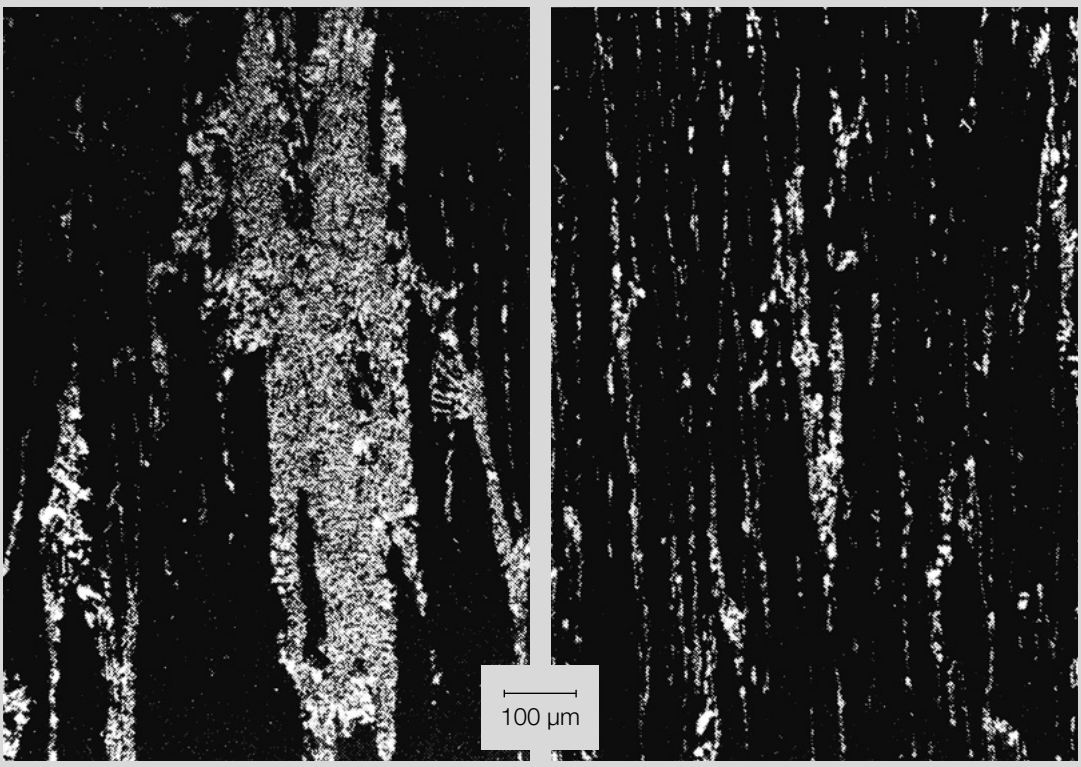
Diese sogenannten Blockseigerungen lassen sich durch Umschmelzen nach dem ESU-Verfahren deutlich verringern, weil die Erstarrung im elektroschlackeumgeschmolzenen (ESU) Block nicht vom Blockrand zum Blockkern, sondern im Wesentlichen vom Blockfuß zum Blockschopf, also in Blocklängsrichtung erfolgt. Das Ziel des Umschmelzens ist also hauptsächlich eine Verringerung der Blockseigerungen.
Die Karbidgröße wird durch Umschmelzen nicht verringert. Der Vorteil des Umschmelzens (ESU) liegt somit vor allen Dingen in einer größeren Gleichmäßigkeit über den Block bzw. den Stabdurchmesser und über die Stablänge.
Durch Schmieden oder Walzen wird das netzförmige Karbideutektikum zunächst linsenförmig und ab etwa 10-facher Verformung zeilig in Verformungsrichtung gestreckt. Je gröber das Karbidnetzwerk im Block war, um so gröber sind die Karbidzeilen und um so mehr fällt die Belastbarkeit des Materials quer zur Verformungsrichtung ab.

### 3.5.1.4 Stranggieß-Verfahren

Schnellarbeitsstähle werden teilweise auch im Stranggießverfahren hergestellt. Das Karbideutektikum bei diesem Gießverfahren entspricht dem in kleinen Blöcken. Bei größeren Verformungen ist die Karbidverteilung in Stäben aus Stranggussknüppeln deshalb hervorragend und ähnelt der von PM-Materialien. Vergleichsuntersuchungen zeigten, dass die mechanischen Eigenschaften und das Härteverhalten wenigstens gleichwertig denen über Blockguss hergestellten Stäben sind, so dass es gegen die Anwendung von Schnellarbeitsstählen, die über Strangguss hergestellt worden sind, keine begründeten Vorbehalte gibt.

**Karbidausbildung von Kern und Rand eines 180 mm Stabes**

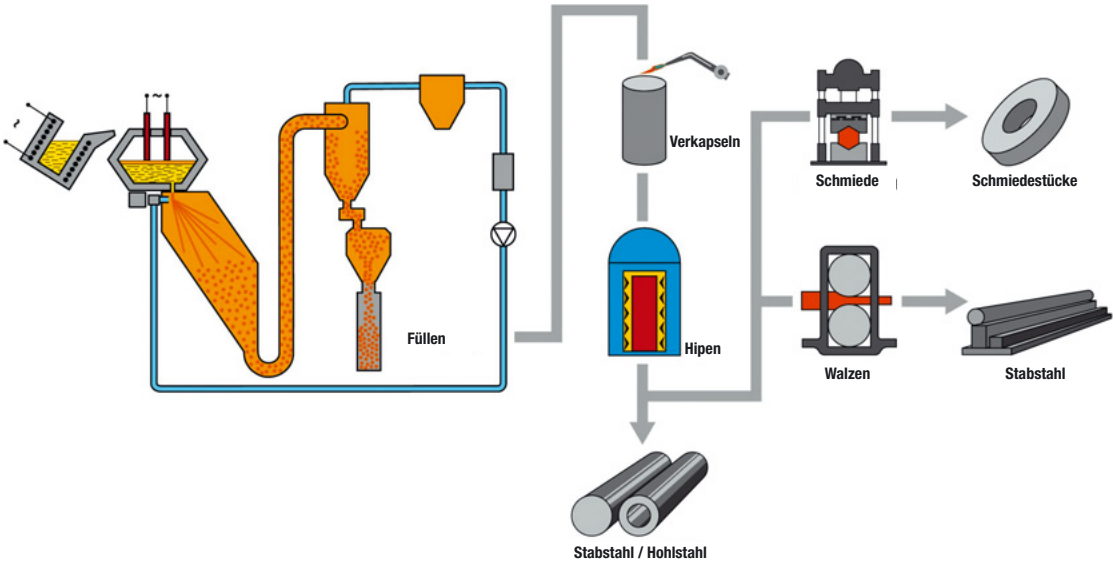
| Kern | Rand |
|---|---|



# Schnellarbeitsstahl

## 3.5.2 Pulvermetallurgische Herstellung

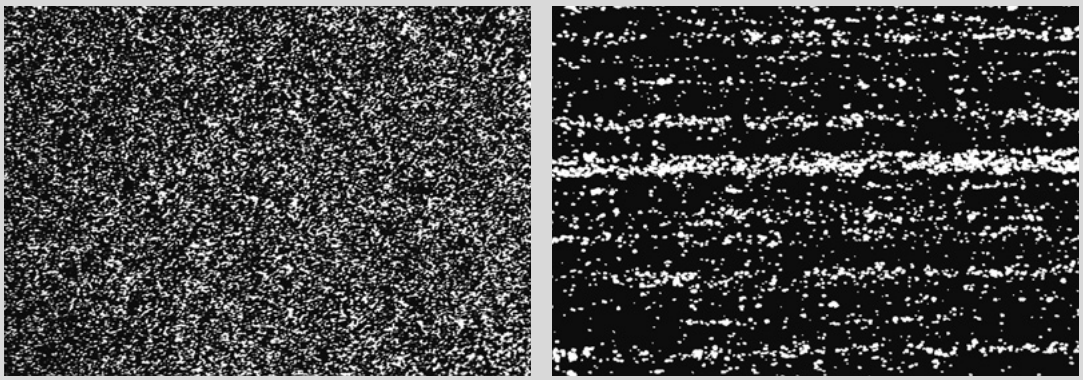
Die pulvermetallurgische Herstellung von Stählen ermöglicht das Einstellen von weit höheren Legierungsgehalten, die bei konventioneller, schmelzmetallurgischer Herstellung nur bedingt möglich sind. Durch die Verdüsung des flüssigen Stahles und den anschließenden HIP-Prozess (Heiß-Isostatisch-Pressen) werden Stähle mit einem homogenen Gefüge eingestellt. Die Karbide liegen homogen verteilt in einer Größe von wenigen Mikrometern vor. Karbidzeilen, wie man sie aus den schmelzmetallurgisch hergestellten Werkzeugstählen kennt, fehlen.




**Pulvermetallurgische Herstellung von Schnellarbeitsstahl**

**Vergleich der Karbidstruktur eines pulvermetallurgisch hergestellten zu einem konventionell gefertigten, ledeburitischen Werkzeugstahl**

| pulvermetallurgischer Schnellarbeitsstahl | konventionell hergestellter Schnellarbeitsstahl |
|---|---|



Die pulvermetallurgisch hergestellten Stähle (PM-Stähle) zeichnen sich durch ihre besonderen Eigenschaften aus, wie

- hervorragende Verschleißbeständigkeit,
- hohe Warmhärte,
- ausgezeichnete Druckbeständigkeit

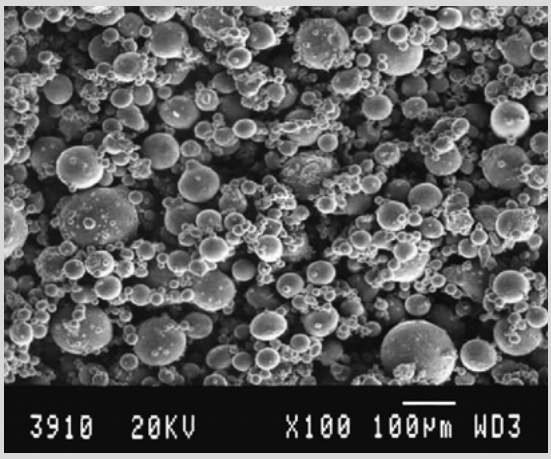
bei gleichzeitiger

- hoher Zähigkeit,
- isotroper Maßbeständigkeit,
- guter Bearbeit- und Polierbarkeit.

# Schnellarbeitsstahl

Durch ihre exzellenten Eigenschaften bieten sich PM-Stähle überall dort an, wo spezielle Problemlösungen gefragt sind und andere mechanische und technologische Eigenschaften als bei konventionell erschmolzenen Stählen benötigt werden.
Bei der modernen pulvermetallurgischen Stahlherstellung erfolgt das Einschmelzen des Einsatzmaterials, ausgewählter Schrott und Legierungselemente, in Mittelfrequenz-Induktionsöfen. Nach der genauen Einstellung der chemischen Analyse wird eine Raffination der Schmelze durch aufgebrachte Behandlungsschlacken durchgeführt. Ist die geforderte Reinheit der Schmelze erreicht und die chemische Analyse eingestellt, kann mit der Verdüsung begonnen werden. Die Schmelze wird in einen Tundish gekippt und dort mittels Elektro-Slag-Heating (ESH) während des gesamten Verdüsungsvorganges auf gleichmäßiger Temperatur gehalten. Als Verdüsungsgas wird Stickstoff verwendet. Die hohe kinetische Energie des Gases bewirkt ein Zerstäuben des Flüssigkeitsstrahles in viele kleine Tropfen, die, bedingt durch ihre geringe Größe von 10 bis 500 µm, sehr rasch erstarren.

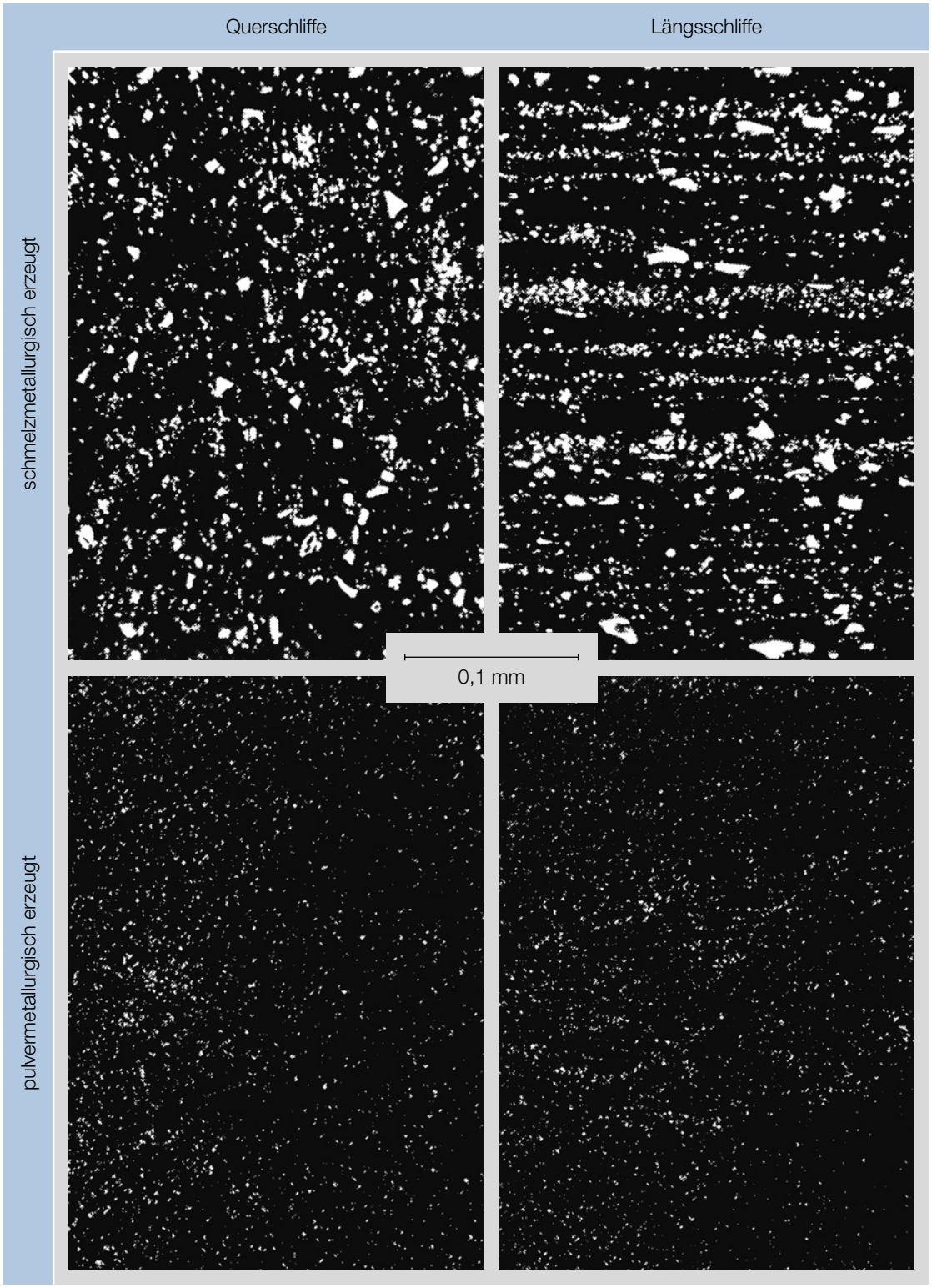
sphärische Pulverteilchen




Durch die hohe Erstarrungsgeschwindigkeit von ca. 10.000 °C/s ist das entstehende Gussgefüge in den Tröpfchen sehr fein, die Karbide sind extrem fein verteilt, wobei der Sekundärdentridenarmabstand bei ca. 1 µm liegt.
Das erzeugte Pulver wird in einem Container gesammelt und unter Luftabschluss auf Raumtemperatur gekühlt. Das fertige Pulver wird grobgesiebt, wobei Teilchen über 500 µm ausgeschieden werden. Anschließend erfolgt das Abfüllen des Pulvers in Kapseln. Die Kapseln werden mit Stickstoff gespült, dann evakuiert und zugeschweißt, bevor sie konsolidiert werden.
Das Konsolidieren erfolgt in einer HIP-Anlage bei Temperaturen um 1150 °C und einem Druck knapp über 1000 bar, wobei das Volumen des Blockes um ca. 30% schrumpft. Der gesamte Konsolidierungsprozess bewirkt die Erzeugung eines Blockes mit isotropen Eigenschaften mit einem sehr feinen Gefüge, in dem die Karbide gleichmäßig verteilt sind.
Der gehipte Block wird durch Warmumformung auf Endmaß verformt, weichgeglüht und oberflächenbearbeitet.
Die PM-Verfahren erlauben Legierungen herzustellen, die man wegen der Verfomungsschwierigkeiten bei herkömmlicher Verfahrensweise nicht produzieren kann. PM-Stähle haben deshalb in der Regel immer höhere V-Gehalte von 2-5% oder auch mehr.
In pulvermetallurgisch hergestellten Schnellarbeitsstählen gibt es auch keinen Unterschied in der Karbidverteilung und in den Eigenschaften zwischen Längs- und Querrichtung.

# Schnellarbeitsstahl

**Vergleich schmelzmetallurgische und pulvermetallurgische Herstellung, Karbidverteilung im Schnellarbeitsstahl S 12-1-4-5**

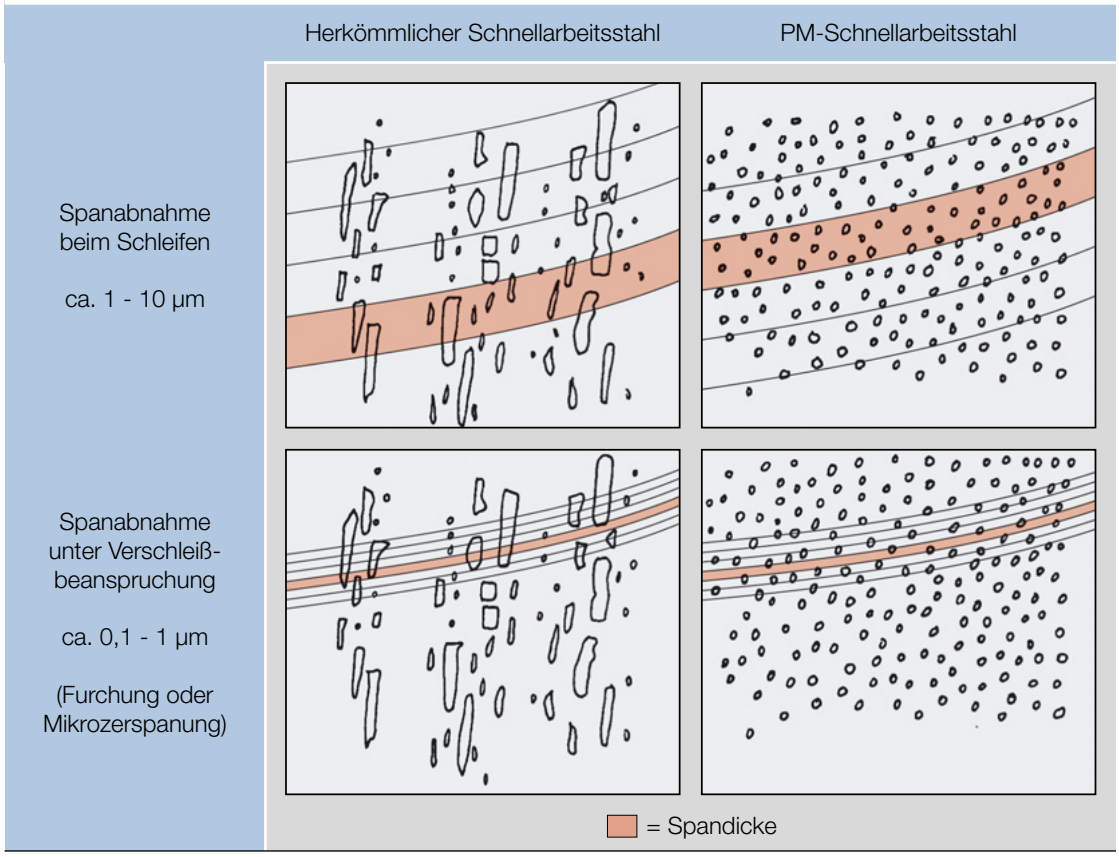


### 3.5.3 Schleifbarkeit und Verschleißbeständigkeit von PM-Material

Das Vanadin wirkt sich in pulvermetallurgisch hergestellten Schnellarbeitsstählen nicht wie in der über Blockguss hergestellten Stählen bekannten Weise verschleißhemmend aus. Das Vanadin findet sich nämlich im PM-Material in sehr kleinen Karbidteilchen von weniger als 0,1 µm wieder oder es ist im Cr-Karbid oder den W- und Mo-Karbiden gelöst, deren Härte dadurch gesteigert wird. Weil das Vanadin hier also keine groben Karbide bildet und auch die übrigen Karbide relativ klein sind, haben PM-Werkstoffe in der Regel andere Verschleißmechanismen als die, die man von herkömmlichem Material gleicher Zusammensetzung kennt. PM-Material wird deshalb oft weniger der besseren Leistung wegen, die man durch höhere Legierungsgehalte erreichen kann, angewendet, als vielmehr wegen der einfacheren und sicheren Herstellung von Werkzeugen auf Grund seiner guten Verarbeitbarkeit, insbesondere seiner guten Schleifbarkeit, die den Herstellaufwand erniedrigt, verwandt.

Da das Schleifen eine Verschleißbeanspruchung darstellt, ergibt sich bei PM-Material zunächst ein Widerspruch zwischen guter Schleifbarkeit, also geringer Verschleißbeständigkeit bei der Werkzeugherstellung, und einer herkömmlichem Materialien vergleichbaren Werkzeughaltbarkeit, d.h. einem guten Verschleißverhalten im Einsatz. Dieser Widerspruch lässt sich mit der relativen Größe der Riefen, die beim Schleifen und als Verschleißriefen bei Beanspruchung entstehen, zum Durchmesser der Karbide erklären. Beim Schleifen mit groben Schleifriefen bis etwa 10 µm Tiefe bieten die feinen Karbide im PM-Material dem Schleifkorn keinen beachtenswerten Widerstand, weil sie mit dem Schleifspan abfließen. In herkömmlichen Material sind die Karbide dagegen so groß, dass sie nicht mit dem Schleifspan abfließen können, sondern vom Schleifkorn geschert werden müssen, wodurch die Schleifscheibe wesentlich stärker beansprucht bzw. der Schleifabtrag verringert wird. Beim Werkzeugeinsatz sind die Verhältnisse dagegen angeglichener. Die beim Verschleiß sich bildenden Riefen in der Werkzeugoberfläche sind wesentlich feiner und haben eine Tiefe von etwa 0,1 µm. Bei dieser Verschleißriefenbildung müssen auch die sehr kleinen Karbide in den PM-Schnellarbeitsstählen bei der Riefenbildung geschert werden, d.h., die kleinen Karbide setzen hier dem Verschleißvorgang einen ähnlichen Widerstand entgegen wie die groben Karbide im herkömmlichen Material, so dass man unter Beanspruchungsverhältnissen zwischen schmelzmetallurgischem und pulvermetallurgischem Schnellarbeitsstahl in der Regel keinen nennenswerten Unterschied feststellt, anders als beim Schleifvorgang.

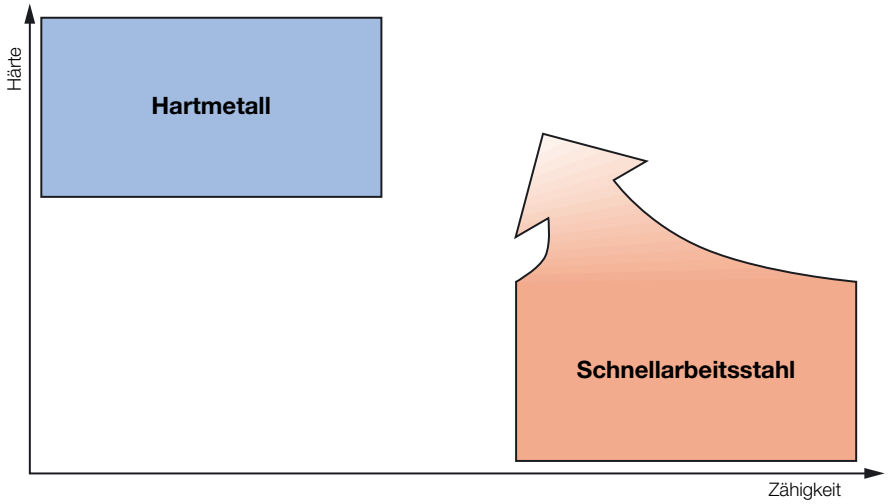
**Einfluss der Karbidgröße auf den Verschleißwiderstand beim Schleifen und bei Verschleiß**



## 3.6 Ausblick

Schnellarbeitsstähle können durch Oberflächenbehandlung wie Nitrieren oder durch Beschichtung mit Hartstoffschichten wie TiN, TiCN usw. in ihrer Leistungsfähigkeit deutlich gesteigert werden. Mehr Informationen dazu in **Kapitel 5**. Durch die Möglichkeit mit der Pulvermetallurgie Legierungen herzustellen, die schmelzmetallurgisch gar nicht herstellbar sind, entstehen neue Chancen. Es kann damit gerechnet werden, dass Schnellarbeitsstähle geschaffen werden können, die sich höher (z.B. bis 70 HRC) aushärten lassen, eine höhere Warmhärte haben und trotzdem eine relativ hohe Zähigkeit aufweisen.

**Entwicklung der Eigenschaften von Hartmetallen und Schnellarbeitsstählen**




## 3.7 Eingeführte gebräuchliche Schnellarbeitsstahl-Legierungen und deren Anwendungen

Eine der gebräuchlichsten Schnellarbeitsstahl-Legierungen in der allgemeinen Anwendung ist der S 6-5-2 (Werkstoff-Nr. 1.3343, AISI-Bez. M2, alte DIN Bezeichnung DMo5). Sie besitzt alle wesentlichen Merkmale von Schnellarbeitsstahl-Legierungen.
Wird vom Werkzeug eine höhere Verschleißfestigkeit gefordert, so ist das durch Schnellstähle höherer Härten möglich. Bewährt hat sich hier der Werkstoff mit 5% Co-Zusatz S 6-5-2-5 (1.3243, M35, EMo5Co5). Dieser Werkstoff weist gleichzeitig hohe Warmhärtewerte auf. Bei der Anforderung an hohe Verschleißfestigkeit hat sich ähnlich gut der karbidreichere Stahl S 6-5-3 (1.3344, M3, EMo5V3) bewährt. Die Verschleißfestigkeit beruht hier insbesondere auf dem höheren Gehalt harter Karbide. Der Stahl S 6-5-3 bietet besonders bei niedrigen Arbeitstemperaturen Vorteile, hat aber bei der Werkzeugherstellung Nachteile, weil er schwieriger schleifbar ist als der Co-haltige Werkstoff S 6-5-2-5. Die Schleifschwierigkeiten kann man allerdings umgehen, wenn man PM-Stahl gleicher Legierung (Werkstoff-Nr. 1.3344) verwendet, die unter dem Handelsnamen ASP 23, CPM M3 oder S 690 microclean bekannt ist.
Für das Bearbeiten austenitischer Werkstoffe (Nickelbasislegierungen) werden häufig auch erfolgreich Stähle höheren Co-Gehaltes eingesetzt, wie der Werkstoff S 2-10-1-8 (1.3247, AISI M 42), der sich durch sehr hohe Härte und auch hohe Warmhärte auszeichnet. Auch Schnellarbeitsstähle mit Nb-Gehalt von ca. 3% haben sich hier sehr gut bewährt.
Für bei niedrigen Temperaturen arbeitende Fräser, insbesondere Formfräser, haben die weniger warmfesten, aber sehr harten Werkstoffe mit 12% W und 4% V also S 12-1-4, (1.3302, T9, EV4) und S 12-1-4-5 (1.3202, T15, EV4Co) einen festen Markt. Diese Legierungen werden auch über PM-Verfahren hergestellt (S 390 microclean oder T15).
Wenn Verschleißfestigkeit und Anlassbeständigkeit, wie z.B. beim Bearbeiten sehr harter Werkstoffe, gefordert sind, werden V-haltige, Co-haltige Sorten eingesetzt wie S 10-4-3-10 (1.3207, M36, EW9Co10). Die mangelhafte Zähigkeit dieses Stahles muss dann häufig durch Anwendung niedrigerer Härten bzw. höherer Anlasstemperaturen kompensiert werden. Dieser Werkstoff ist im Legierungsverhalten weitgehend mit der PM-Sorte ASP 30 bzw. S 590 microclean vergleichbar.

# Schnellarbeitsstahl

## Analysemittelwerte von Schnellarbeitsstählen

| | Werkstoff | frühere DIN-Bezeichn./ Hersteller | US-Bez. AISI | Werkstoff-Nr. nach DIN EN ISO 4957 (teilweise) | Chemische Zusammensetzung | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | W | Mo | V | Co | C | Cr |
| schmelzmetallurgisch hergestellt | S 3-3-2 | ABC III | - | 1.3333 | 3,10 | 2,60 | 2,40 | - | 0,95 | 4,20 |
| | S 2-9-1 | BMo 9 | M1 | 1.3346 | 1,80 | 8,60 | 1,20 | - | 0,85 | 3,90 |
| | S 2-9-2 | BMo 9 V | M 7 | 1.3348 | 1,70 | 8,60 | 2,00 | - | 0,95 | 3,80 |
| | S 6-5-2 | DMo 5 | M 2 | 1.3343 | 6,40 | 5,00 | 1,80 | - | 0,90 | 3,80 |
| | SC 6-5-2 | DMo 5 h | - | 1.3342 | 6,40 | 5,00 | 1,80 | - | 1,00 | 3,80 |
| | S 6-5-3 | EMo 5 V 3 | M3 Class 2 | 1.3344 | 6,30 | 4,90 | 3,00 | - | 1,30 | 4,10 |
| | S 9-1-2 | ABC II | - | 1.3316 | 8,50 | 0,90 | 1,60 | - | 0,82 | 4,20 |
| | S 18-0-1 | B 18 | T 1 | 1.3355 | 18,00 | - | 1,10 | - | 0,75 | 4,20 |
| | S 18-0-2 | C 18 | T 2 | 1.3357 | 18,00 | 0,50 | 1,60 | - | 0,75 | 4,20 |
| | S 12-1-2 | D | T 7 | 1.3318 | 12,00 | 0,80 | 2,50 | - | 0,85 | 4,20 |
| | S 12-1-4 | EV 4 | T 9 | 1.3302 | 12,50 | 1,00 | 4,00 | - | 1,25 | 4,30 |
| | S 12-1-2-3 | ECo 3 | T 8 | 1.3211 | 12,50 | 1,00 | 2,00 | 3,00 | 0,85 | 4,30 |
| | S 12-1-2-5 | ECo 5 | - | 1.3251 | 12,50 | 1,20 | 1,80 | 5,50 | 0,80 | 4,00 |
| | S 12-1-4-5 | EV 4Co | T 15 | 1.3202 | 12,50 | 1,00 | 4,00 | 5,00 | 1,30 | 4,30 |
| | S 6-5-2-5 | EMo 5 Co 5 | M35 | 1.3243 | 6,30 | 4,90 | 1,80 | 4,80 | 0,90 | 4,10 |
| | S 7-4-2-5 | EMo 5 Co 5 h | M41 | 1.3246 | 6,40 | 4,00 | 1,70 | 4,80 | 1,12 | 4,10 |
| | S 2-9-2-8 | - | M34 | 1.3249 | 2,00 | 8,00 | 2,00 | 8,00 | 0,90 | 4,00 |
| | S 10-4-3-10 | EW 9 Co 10 | M36 | 1.3207 | 9,50 | 3,90 | 3,50 | 10,50 | 1,25 | 4,10 |
| | S 6-5-2-5 S | E 18 Co 3 | T 2 | 1.3245 | 6,50 | 5,00 | 1,80 | 4,80 | 0,90 | 4,00 |
| | S 18-1-2-5 | E 18 Co 5 | T 4 | 1.3255 | 18,00 | 1,00 | 1,60 | 5,00 | 0,80 | 4,30 |
| | S 18-1-2-10 | E 18 Co 10 | T 5 | 1.3265 | 18,00 | 1,00 | 1,60 | 9,50 | 0,75 | 4,30 |
| | S 2-10-1-8 | - | M 42 | 1.3247 | 1,50 | 9,50 | 1,20 | 8,00 | 1,08 | 4,00 |
| | S 6-5-2-8 | - | - | 1.3222 | 6,40 | 5,90 | 2,30 | 8,00 | 1,45 | 4,25 |
| pulvermetallurgisch hergestellt | SPM 23 | STM Powdermet | | ~1.3344 | 6,30 | 5,00 | 3,10 | - | 1,30 | 4,20 |
| | SPM 30 | STM Powdermet | | ~1.3207 | 6,30 | 5,00 | 3,10 | 8,40 | 1,30 | 4,20 |
| | S 290 microclean | Böhler | | - | 14,00 | 2,00 | 5,00 | 11,00 | 2,00 | - |
| | S 390 microclean | Böhler | | - | 10,80 | 2,00 | 5,00 | 8,00 | 1,60 | 5,00 |
| | S 590 microclean | Böhler | | - | 6,00 | 5,00 | 3,00 | 8,00 | 1,30 | 4,00 |
| | S 690 microclean | Böhler | | - | 5,80 | 4,50 | 4,00 | - | 1,40 | 4,00 |
| | S 790 microclean | Böhler | | ~1.3344 | 6,00 | 5,00 | 3,00 | - | 1,30 | 4,00 |
| | CPM Rex M4 | Crucible | | ~1.3344 | 5,80 | 4,50 | 4,00 | - | 1,40 | 4,25 |
| | CPM Rex M45S | Crucible | | ~1.3207 | 6,30 | 5,00 | 3,10 | 8,30 | 1,30 | 4,05 |
| | CPM Rex 76 | Crucible | | - | 10,00 | 5,30 | 3,10 | 9,00 | 1,50 | 3,75 |
| | CPM Rex T15 | Crucible | | ~1.3202 | 12,30 | - | 5,00 | 5,00 | 1,60 | 4,00 |
| | CPM Rex 121 | Crucible | | - | 10,00 | 5,00 | 9,50 | 9,00 | 3,40 | 4,00 |
| | ASP 2017 | Erasteel | | - | 3,00 | 3,00 | 1,00 | 8,00 | 0,80 | 4,00 |
| | ASP 20 23 | Erasteel | | ~1.3344 | 6,40 | 5,00 | 3,10 | | 1,30 | 4,20 |
| | ASP 20 30 | Erasteel | | ~1.3207 | 6,40 | 5,00 | 3,10 | 8,50 | 1,30 | 4,20 |
| | ASP 2060 | Erasteel | | ~1.3241 | 6,50 | 7,00 | 6,50 | 10,50 | 2,30 | 4,20 |
| | ASP 2080 | Erasteel | | | 11,00 | 5,00 | 6,30 | 16,00 | 2,45 | 4,00 |
| | HAP 40 | Hitachi | | ~1.3207 | 6,00 | 5,00 | 3,10 | 8,00 | 1,30 | 4,00 |
| | HAP 50 | Hitachi | | - | 7,50 | 6,00 | 4,00 | 8,00 | 1,50 | 4,00 |
| | HAP 63 | Hitachi | | - | 11,50 | 2,50 | 7,00 | 8,00 | 2,20 | 4,00 |
| | HAP 72 | Hitachi | | - | 9,50 | 8,30 | 5,00 | 9,50 | 2,10 | 4,00 |

HSS-Leitausführung: S 6-5-2, HSS-E-Leitausführung: S 6-5-2-5
Schmelzmetallurgische Schnellarbeitsstähle (Definition nach ISO 11054):
HSS: < 4,5% Co **und** < 2,6% V
HSS-E: ≥ 4,5% Co **oder** ≥ 2,6% V
Pulvermetallurgische Schnellarbeitsstähle:
HSS-PM: < 4,5% Co **und** < 2,6% V
HSS-E-PM: ≥ 4,5% Co **oder** ≥ 2,6% V




# Schnellarbeitsstahl

# Hartmetall




4

Seite

**4.1 Hartmetall als Schneidstoff . . . . . 96**
4.1.1 Geschichtliche Entwicklung . . . . . 96
4.1.2 Hartmetall im Vergleich zu anderen Schneidstoffen . . . . . 97

**4.2 Hartmetall-Rohstoffe . . . . . 99**
4.2.1 Wolfram . . . . . 99
4.2.2 Kobalt . . . . . 99

**4.3 Hartmetallherstellung . . . . . 100**
4.3.1 Pulveraufbereitung . . . . . 100
4.3.2 Formgebung . . . . . 100
4.3.3 Sintern . . . . . 101

**4.4 Beurteilung und Klassifizierung von Hartmetallen . . . . . 102**
4.4.1 Beurteilung von Hartmetallen . . . . . 102
4.4.2 Klassifizierung von Hartmetallen . . . . . 103

**4.5 Eigenschaften von Hartmetallen . . . . . 106**

**4.6 Fachliteratur . . . . . 107**

## 4.1 Hartmetall als Schneidstoff

### 4.1.1 Geschichtliche Entwicklung

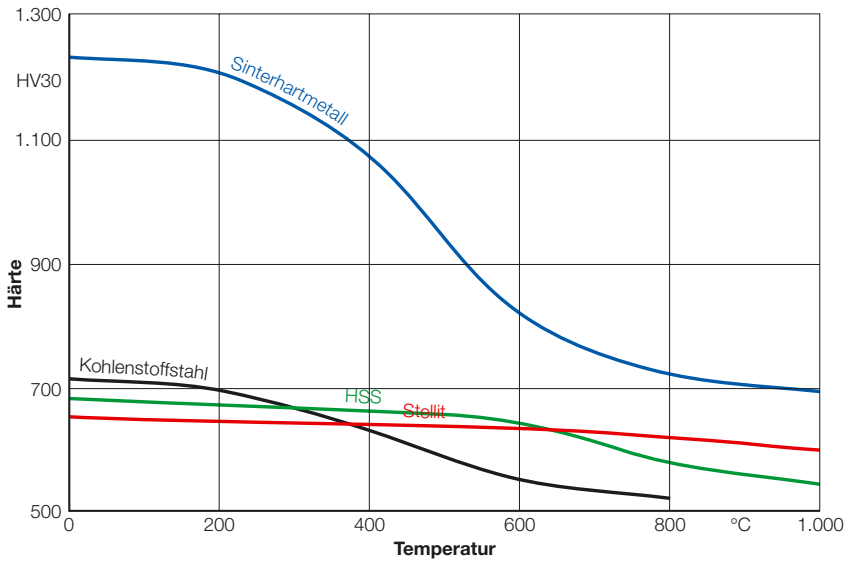
Die Entwicklung der Schneidstoffe – und der Zerspanungstechnik – hat über die Jahrzehnte hinweg einen enormen Einfluss auf die Entwicklung der Werkzeugmaschinen und der Fertigungstechnik ausgeübt. Im 19. Jahrhundert dominierte als Schneidstoff der Kohlenstoff-Stahl, der zwar bei Raumtemperatur eine hohe Härte hatte, welche bei Temperatureinwirkung jedoch schnell abfiel. Die geringe „Warmhärte“ ließ einen Einsatz bis rund 250 °C zu und begrenzte somit die mögliche Schnittgeschwindigkeit auf etwa 10 m/min.
Mit Beginn des 20. Jahrhunderts fanden legierte Schnellarbeitsstähle mit einer Warmhärte von etwa 600 °C Einzug in die Fertigungstechnik: Jetzt waren plötzlich bis zu 4-fach höhere Schnittgeschwindigkeiten möglich und die Fertigungszeiten verringerten sich auf ein Viertel. Es zeigte sich aber auch, dass die damals verfügbaren Werkzeugmaschinen das Potenzial des neuen Schneidstoffs nicht ausnutzen konnten und somit erst die folgende Maschinengeneration nachziehen konnte.
Die Weiterentwicklung dieser Stähle zu Hochleistungs-Schnellarbeitsstählen (HSS und pulvermetallurgisch hergestelltes PM-HSS) dauert bis in die jüngste Zeit an.
Parallel zu dieser Entwicklung entstanden um 1915 wolfram- und kobalthaltige Gusslegierungen, die zwar sehr spröde waren, aber mit einer Warmhärte von ca. 800 °C die Fertigungszeiten noch einmal halbierten. Diese, dem Hartmetall verwandten Werkstoffe, haben heutzutage noch als „Stellite“ eine Bedeutung, z.B. als Panzerung durch Auftragsschweißen von Schmiedegesenken.
Auf der Suche nach geeigneten Werkstoffen für Ziehsteine zur Herstellung von Wolframdraht (Glühlampen-Glimmdraht) erzeugte die Firma OSRAM auf pulvermetallurgischem Wege eine Wolframkarbid-Kobalt-Schmelze und meldete 1923 hierzu ein Patent an. Bereits 1925 erwarb dieses Patent die Firma KRUPP und brachte wenig später unter dem Namen „Widia“ (**wi**e **Dia**mant) die ersten mit Sinterhartmetall bestückten Werkzeuge auf den Markt.
Die auf Grund der hohen Warmhärte mögliche Vervielfachung der Schnittgeschwindigkeit (bei gleichem Vorschub) gegenüber HSS war geradezu revolutionär und führte zu einer stürmischen Entwicklung Mitte des vorigen Jahrhunderts.

In DIN EN ISO 3252 „Pulvermetallurgie-Begriffe“ wird Hartmetall definiert als:

*„Sinterwerkstoff mit hoher Festigkeit und hohem Verschleißwiderstand, der ein oder mehrere Karbide von hochschmelzenden Metallen als Hauptbestandteil und eine metallische Bindephase enthält“.*

Obwohl die meisten Hartmetalle für die Metallzerspanung Kobalt als Bindemittel aufweisen, sind auch Hartmetalle mit Nickel-Chrom-Bindemetall verfügbar, die eine höhere Korrosionsbeständigkeit haben. Auch sind Untersuchungen mit Kobalt/Nickel/Eisen-Bindemetallen bekannt. Zur Abgrenzung sei noch der relativ weiche Sinterwerkstoff „Schwermetall“ erwähnt (Dichte mindestens 16,5 g/cm$^3$), der auf Wolfram basiert – nicht wie Hartmetall auf Wolframkarbid – und teilweise mit Nickel und Kupfer legiert ist.

**Warmhärte von Schneidstoffen:**



Im Laufe der Entwicklung wurden dem reinen Wolframkarbid auch weitere harte Karbide, wie Titan-, Tantal- und Niobkarbid beigemengt und Schneidstoffe mit höherer Zähigkeit und vor allem noch besserer Warmhärte geschaffen, die auch dem Diffusionsverschleiß bei der Stahlzerspanung standhielten.
Natürlich fand parallel zur Entwicklung der Sinterhartmetalle die Entwicklung anderer Schneidstoffe, z.B. der Schneidkeramik statt, auf die hier aber nicht näher eingegangen werden soll.
Der Vollständigkeit halber sei noch auf die leichten Titankarbid (TiC) basierenden Hartmetalle hingewiesen, die kein schweres Wolframkarbid aufweisen und bei denen Nickel das Bindemittel Kobalt ersetzt. Während zunächst patentrechtliche Gründe zu diesem, auch Cermet („**Cer**amic **met**al“) genannten, Schneidstoff führten, waren es im Zweiten Weltkrieg vor allem die besser verfügbaren und preiswerteren Rohstoffe. Diese relativ spröden Schneidstoffe erlangten viel später, nach der Verfügbarkeit von steiferen Werkzeugmaschinen und Werkstücken mit geringem Aufmaß („near net shape“), insbesondere in Japan und mit dem Schwerpunkt Drehbearbeitung, wieder eine größere Bedeutung.

Streng genommen ist Cermet nach Definition ein

*„Verbundwerkstoff aus mindestens einer metallischen und mindestens einer nichtmetallischen, meist keramischen Phase“.*

Mit der Entwicklung der Schneidstoffe gab es auch beachtliche Fortschritte bei den Werkzeugen selbst (Qualität, Geometrie, Grundkonzept). Der markanteste Fortschritt mit enormer Auswirkung auf die Produktionstechnik kam Mitte der 50er Jahre des vorherigen Jahrhunderts mit der Einführung von Wendeschneidplatten. Damit wurden nicht nur die gelöteten Werkzeuge mit ihrer ganzen Nachschärfproblematik größtenteils abgelöst, sondern es wurden nach und nach auch Wendeschneidplatten mit Spanflächen-Topographie eingeführt. Diese sogenannten Spanleitstufen trugen maßgeblich zur Optimierung des Zerspanungsprozesses und zur Erhöhung der Prozesssicherheit bei.
Der letzte große Entwicklungsschub wurde ab 1970 mit dem Aufkommen der Hartstoffbeschichtungen ausgelöst.

## 4.1.2 Hartmetall im Vergleich zu anderen Schneidstoffen

In der modernen spangebenden Fertigungstechnik dominieren fünf Gruppen von Schneidstoffen:

- **HSS,**
- **Hartmetall (inkl. Cermet),**
- **Schneidkeramik,**
- **Kubisches Bornitrid (cBN),**
- **Polykristalliner Diamant (PKD).**

Als wesentliches Charakteristikum sind Härte (siehe Tabelle unten) bzw. Warmhärte und Zähigkeit hervorzuheben. Leider sind beide Kenngrößen gegenläufig: Entweder ist ein Schneidstoff besonders hart, dafür aber spröder (wie Diamant) oder er ist besonders zäh, dafür aber weniger hart (wie HSS). Mit zunehmender Warmhärte steigt auch die zulässige Schnittgeschwindigkeit, allerdings bei kleinerem zulässigen Spanquerschnitt. Umgekehrt gilt, dass mit zunehmender Zähigkeit (und abnehmender Warmhärte) auch möglicher Vorschub und Spanquerschnitt zunehmen.

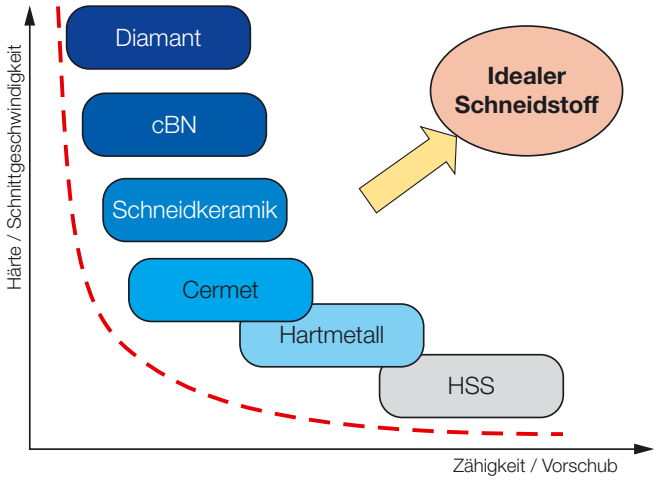
**Näherungswerte für die Härte von Schneidstoffen**

| Schneidstoff | Härte HV30 |
|---|---|
| Monokristalliner Diamant | ~ 12.000 |
| CVD-Diamant (Dickfilm) | 10.000 |
| Polykristalliner Diamant | 7.500 |
| Polykristallines kubisches Bornitrid | 4.500 |
| Schneidkeramik | 2.200 |
| Feinstkornhartmetall (K20) | 1.800 |
| Schnellarbeitsstahl (67 HRC) | 900 |

# Hartmetall

Demzufolge hätte ein idealer Schneidstoff z.B. die Härte von Diamant und die Zähigkeit von HSS.

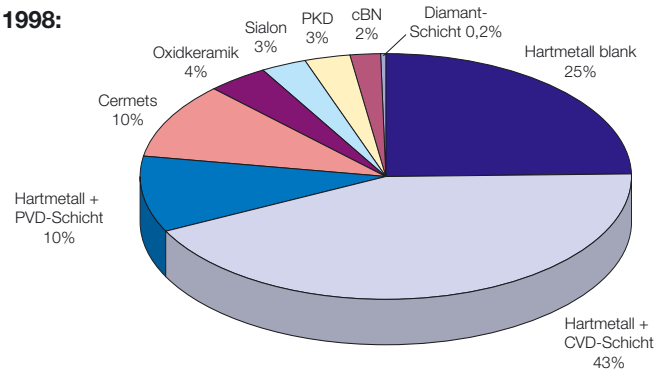
**Härte und Zähigkeit von Schneidstoffen:**



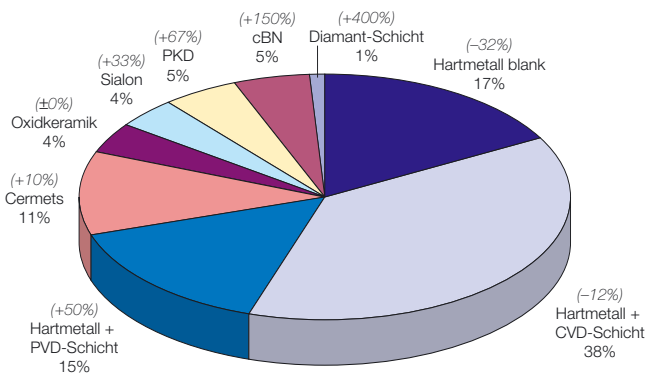

Selbstverständlich sind noch eine Reihe von anderen Faktoren für die Eignung eines Schneidstoffs in einem bestimmten Anwendungsfall von Bedeutung. So ist bekanntlich ein Diamantwerkzeug wegen der Affinität des Kohlenstoffs zum Eisen völlig ungeeignet für die Zerspanung von Stahl mit üblicher Schnittgeschwindigkeit.
Die höchste Härte aller Werkstoffe hat der Naturdiamant mit ca. 12.000 HV. Während PKD, je nach Bindemittelanteil, ca. 6.000 bis 8.000 HV aufweist, erreicht bindemittel freier, polykristalliner Dickfilmdiamant (auch CVD-Diamant) annähernd die Härte des Naturdiamanten. Die Härte von cBN liegt wiederum, je nach Konzentration des Härteträgers, zwischen 4.500 und 6.000 HV. Die keramischen Schneidstoffe erreichen Härten von 1.600 bis 2.500 HV und die Hartmetalle, je nach Kobaltgehalt und Korngröße, von 1.200 bis knapp über 2.000 HV30.
Seit 1950 findet eine fortlaufende Substitution des HSS durch Hartmetall statt, so dass zu Beginn des 21. Jahrhunderts das Verhältnis HSS zu Hartmetall in den hochindustrialisierten Ländern 40:60 betragen dürfte. Dieser Substitutionsprozess findet allerdings bei Gewindebohrern nicht statt.

**Ermittelter und prognostizierter Weltmarktanteil einzelner Schneidstoffe; erwartete Wachstumsraten (kursiv):**

**1998:**




**2005:**



Betrachtet man, unter Vernachlässigung von HSS, lediglich die Schneidstoffe mit höherer Härte, so hat Hartmetall zur Jahrtausendwende bei den Schneidstoffen einen Marktanteil von ca. 77 % erreicht. Dies entspricht weltweit einem Jahreswert von ca. 6,5 Milliarden US-$, mit einem europäischen Anteil von etwa 2 Milliarden US-$. Hierbei ist anzumerken, dass Wendeschneidplatten zu gut 3/4 des genannten Wertes beitragen. Obwohl der relative Anteil des Hartmetalls durch das erwartet starke Wachstum einiger hochharter Schneidstoffe – wie kubisches Bornitrid (cBN) und polykristalliner Diamant (PKD) – eher abnehmen wird, dürfte der Bedarf an Hartmetall absolut weiter deutlich zunehmen.

## 4.2 Hartmetall-Rohstoffe

Die Erdkruste weist einen durchschnittlichen Gehalt in ppm („parts per million“) oder g/t von folgenden Elementen auf:

| | | |
|---|---|---|
| **Eisen** | **Fe:** | 50.000 g/t (bzw. 50 kg/t) |
| **Wolfram** | **W:** | 69 g/t |
| **Kobalt** | **Co:** | 23 g/t |

Zur Verdeutlichung sei der relative Anteil einiger Elemente in der Erdkruste, bezogen einmal auf Eisen, ein anderes mal auf Gold, dargestellt:

**Relativer Anteil einiger Elemente in der Erdkruste**

| Eisen Fe | Wolfram W | Kobalt Co | Silber Ag | Gold Au |
|---|---|---|---|---|
| 1 | $1{,}38 \times 10^{-3}$ | $0{,}46 \times 10^{-3}$ | $2 \times 10^{-6}$ | $0{,}1 \times 10^{-6}$ |
| 10.000.000 | 138.000 | 4.600 | 20 | 1 |

Für viele Hartmetalle aus der Zerspanungstechnik sind Wolfram und Kobalt die wichtigsten Bestandteile (auf Ti, Ta, Nb und andere mögliche Legierungselemente soll nicht näher eingegangen werden).

### 4.2.1 Wolfram

Als wichtigste Wolframerze gelten Wolframit (Fe, Mn) $WO_4$ und Scheelit $CaWO_4$. Nach Abbau, Zerkleinerung und Trennung liegt Wolfram als Oxid $WO_3$ in einer Konzentration von etwa 60% vor. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass das Erz je nach Förderstelle lediglich einen $WO_3$-Gehalt von kleiner 1% bis max. 3,5% aufweist. Die weltweit bekannten Wolframerz-Reserven werden mit gut 2 Mio. t angegeben, wobei die noch unbekannten, zusätzlich vermuteten Mengen auf etwa das Doppelte geschätzt werden.
Fast die Hälfte der bekannten Wolframerz-Vorkommen befinden sich in China – einem Land, das somit entscheidenden Einfluss auf den Weltmarktpreis nehmen kann. So wurden auf Grund des hohen Wolfram-Preises zur Jahrtausendwende europäische Lagerstätten in Österreich, Spanien und Portugal wieder wirtschaftlich interessant.

### 4.2.2 Kobalt

Verfügbarkeit und Reserven des Kobalts sind im Großen und Ganzen vergleichbar mit der des Wolframs. Allerdings findet Kobalt auch andere Anwendung, so z.B. bei Edelstahl (HSS). Von Nachteil ist, dass die Hauptkobalt-Vorkommen im krisengeschüttelten Zentralafrika (Kongo, Tansania) liegen und es immer wieder zu Förderengpässen und damit zu erheblichen Preisschwankungen kommt. Somit ist nicht verwunderlich, dass es aus strategischen Gründen immer wieder Versuche gab, Kobalt durch andere Bindemittel zu ersetzen.

## 4.3 Hartmetallherstellung

Die meisten Hartmetallhersteller beziehen in unterschiedlichen Korngrößen (etwa zwischen 0,4 und 6 µm) das bereits zu Wolframkarbid (WC) karburierte Pulver und überlassen somit die Verarbeitung der Erzkonzentrate wenigen darauf spezialisierten Firmen.
Diesem angelieferten WC-Pulver können bereits Kleinstmengen an Zusatzwerkstoffen – sogenannte Dopingmittel – wie VC, $Cr_3$ $C_2$ und andere zur Hemmung des Kornwachstums beim Sintern und zur Steigerung der Härte feinverteilt beigemengt sein. Analoges gilt für Pulver zur Erzeugung von Mischkarbid-Hartmetallen, denen u.a. Titankarbid [TiC] und Tantal-Niob-Karbid [Ta(Nb)C] beigemischt ist.
Von besonderem Interesse ist das Tantal-Niob-Karbid, da bereits geringe Beimengungen Zähigkeit und Temperaturwechselfestigkeit des Hartmetalls positiv beeinflussen. Leider ist Tantal teuer und starken Preisschwankungen ausgesetzt.
Alternativ erfolgt aber auch das Einwiegen der verschiedenen Karbide und Zusätze zusammen mit dem Bindemittel Kobalt beim Hartmetallhersteller selbst.

### 4.3.1 Pulveraufbereitung

Die Hartmetallfertigung beginnt in vielen Fällen demnach mit der Qualitätskontrolle des angelieferten Pulvers. Anschließend wird die Mischung für das herzustellende Hartmetall angesetzt, d.h., die exakt abgewogenen Mengen von WC-Pulver einer bestimmten Korngröße und Co-Pulver werden miteinander vermischt und mit organischen Flüssigkeiten (z.B. Alkohol) nass gemahlen. Hierdurch werden Kornagglomerate aufgebrochen (keine weitere Zerkleinerung des WC-Korns) und das WC-Korn mit Co gut gemischt und benetzt, was besonders bei den Feinstkornsorten von großer Bedeutung ist.
Als nächster Schritt erfolgt das Trocknen in einem beheizten Rührwerk oder in einem Sprüh-Trockenturm, wobei ein Gleitmittel wie Paraffin beigegeben wird. Das Granulieren in Sprüh-Trockentürmen wird vornehmlich in der Fertigung von Wendeschneidplatten und anderer kleiner Verschleißteile eingesetzt.
Für Strangpressteile wie Stäbe, Rohre usw. muss das Pulver zuvor plastifiziert werden, was in einem Kneter durch Zugabe von Paraffinwachs oder einem anderen organischen Mittel erfolgt.

### 4.3.2 Formgebung

Zur Formgebung wird das fertige, rieselfähige Pulver in einer Matrize mit Ober- und Unterstempel verpresst und damit unmittelbar geformt. Allerdings ist das Volumen des Presslings knapp doppelt so groß wie das des gesinterten Rohteils, da der Pressling beim Sintern linear, also in jeder Achsrichtung, bis zu 20% schrumpft. Beim Extrudieren wird das plastifizierte Hartmetallpulver durch eine Düse gepresst und so Flach- und Rundstäbe, Rohre bzw. Rundstäbe mit geraden oder gedrallten Kühlkanälen erzeugt. Der an und für sich endlose Strang wird unter Berücksichtigung des Schrumpfmaßes auf einzelne, gut handhabbare Fixlängen zerschnitten. So werden Rundstäbe häufig in Längen von 310 oder 330 mm angeboten.
Nach einer mehrtägigen vorsichtigen Trocknung bei moderater Temperatur oder alternativ durch einen Vorsinterzyklus bei rund 750 °C entsteht der sogenannte „Grünling“ mit einer Festigkeit ähnlich Kreide. Eine zusätzliche Formgebung durch Drehen, Bohren, Fräsen und Schleifen ist nunmehr möglich, wobei der zu bearbeitende, abrasive Werkstoff Diamantwerkzeuge bzw. mit Diamant beschichtete Werkzeuge erforderlich macht.
Insbesondere können Vollstäbe mit größerem Durchmesser, große Zylinder oder Rohre als Rohformteil über ein flüssiges Medium kalt isostatisch gepresst werden, wobei ein abgedichteter Gummischlauch für die Trennung von Pulver und Flüssigkeit Sorge trägt.
Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, dass Hartmetall (wie auch Keramik) durch Spritzgießen verarbeitbar ist. Die extrem teueren Spritzgussformen und der erforderliche hohe Druck begrenzen die Anwendung auf kleine, komplexe Massenteile.

### 4.3.3 Sintern

Um ein fertiges Hartmetall-Rohteil zu bekommen, erfolgt als letzter Arbeitsschritt das Sintern (bei vorgesinterten Teilen auch Fertigsintern genannt). Sintern ist laut Definition die

*„Wärmebehandlung von Pulvern oder Presskörpern bei Temperaturen unterhalb des Schmelzpunktes des Grundwerkstoffes, um die Festigkeit durch metallurgische Bindung seiner Partikel untereinander zu erhöhen“.*

Gesintert wird je nach Hartmetall bei etwa 1.350 °C bis 1.550 °C in Vakuumöfen unterschiedlicher Bauart (Hochfrequenz-Induktionsöfen, Durchsatzöfen, Widerstandsöfen). Moderne Vakuumöfen in horizontaler Bauweise sind mit Graphit ausgekleidet, weisen einzelne Widerstandsheizzonen auf, die im Verbund mit einer Vielzahl von Thermoelementen präzise angesteuert werden können und erlauben, über die Zufuhr von Schutzgasen eine bestimmte Sinteratmosphäre zu erzeugen.
Diese Öfen sind heutzutage überwiegend als „Sinter-HIP-Anlagen“ (HIP: heiß isostatisch pressen) ausgeführt, die zur Verdichtung des Hartmetalls eine Gasdruckbehandlung ermöglichen.

**Kennwerte von Bindemittel und Härteträger von Sinterhartmetall**

| Kobalt und Karbide | Schmelzpunkt °C | Dichte g/cm³ | Härte HV 0,05 |
|---|---|---|---|
| Co | 1.493 | ~ 8,8 | 80 - 250 HV10 |
| WC | 2.775 | 15,7 | 1.300 - 2.000 |
| TaC | 3.985 | 14,5 | 1.800 |
| NbC | 3.615 | 7,8 | 2.000 |
| TiC | 3.070 | 4,9 | 3.000 |

Da Presshilfsstoffe und Plastifizierungsmittel abgesaugt und kondensiert werden können, dürfen auch Presslinge, die nicht vorgesintert wurden, auf diesem Wege direkt gesintert werden. Letztere werden hierzu auf Graphit-Paletten gestapelt eingelagert, wobei bei bestimmten Formen (insbesondere bei vorbearbeiteten Grünlingen) eine zum Teil aufwendige Anpassung des Graphitunterbaus an die Form – zur Vermeidung von Verzug – erforderlich sein kann. Der Sinterprozess selbst mit festgelegten Aufheizkurven, Haltepunkten und Abkühlkurven ist komplex, kann aber, da prozessgesteuert, mit hoher Wiederholgenauigkeit durchgeführt werden. Sollten beispielsweise Rundstäbe trotz aller Vorkehrungen nach dem Sintern Verzug aufweisen, können sie auf angepassten Graphit-Paletten und unter Belastung knapp unterhalb der Sintertemperatur thermisch gerichtet werden.
Diese modernen Sinter-HIP-Öfen (Druck bis 100 bar bzw. 10 MPa) haben die Bedeutung von heißisostatischen Pressen in den Hintergrund treten lassen. Mit derartigen HIP-Pressen (Druck bis 2.000 bar) wird überwiegend noch eine zu hohe Restporosität von fertig gesinterten Teilen verringert.
Obwohl selten angewandt sei noch das Drucksintern (auch Heißpressen genannt) aufgeführt, wo über Graphit-Presswerkzeuge das Sintern unter Druck erfolgt. Das bereits aus den Anfängen der Hartmetallentwicklung bekannte Verfahren hat heute keine wirtschaftliche Bedeutung mehr.

## 4.4 Beurteilung und Klassifizierung von Hartmetallen

### 4.4.1 Beurteilung von Hartmetallen

Für mittlere und kleine Anwender und Weiterverarbeiter von gesinterten Hartmetallen ist die Wareneingangskontrolle recht problematisch und beschränkt sich oftmals auf eine geometrische Überprüfung (z.B. Durchmessertoleranz und Geradheit von HM-Rundstäben). Neben einer Messung von Dichte und Härte wird bei ausreichender Kompetenz allenfalls noch ein Gefügebild (Vergrößerung 1.500-fach) erzeugt – weitergehende Untersuchungen erfordern Spezialkenntnisse und teuere Gerätschaften.
Allerdings legen qualitätsbewusste Hartmetallhersteller der Lieferung ein Werkstoff-Abnahmeprüfzeugnis (z.B. nach DIN EN 10204 3.1.B) mit folgenden Daten bei:

- **Geometrische Abmessungen**
- **Hartmetallsorte**
  (ggf. zusätzlich ISO-Klassifizierung)
- **Chemische Zusammensetzung:**
  – Co-Gehalt in %
  – WC-Gehalt in % (meist inkl. Dopingmittel)
  – ggf. andere Karbidanteile bei Mischkarbid-Hartmetallen
- **Physikalische Kennwerte:**
  – Dichte in $g/cm^3$
  – Härte HV30 in $N/mm^2$
  – Magnetische Sättigung in $\mu Tm^3/kg$
  – Koerzitivfeldstärke (oder -kraft) in kA/m
- **Metallographische Angaben:**
  – Porosität (A, B, C)
  – Gefüge-Struktur ($\alpha$, $\beta$, $\gamma$, $\eta$).

Die chemische Zusammensetzung gibt (für eine bestimmte Korngröße) mit dem Co-Gehalt tendenziell Auskunft über Härte und Zähigkeit: Mit steigendem Co-Gehalt nimmt die Zähigkeit zu und die Härte ab.

Die Biegefestigkeit in MPa ($N/mm^2$) als weiterer physikalischer Kennwert, der die Festigkeit eines Hartmetalls kennzeichnet, wird wegen des aufwendigen Prüfverfahrens nicht chargenbezogen, sondern nur als Grundwert für eine bestimmte Hartmetallsorte generell angegeben. Der Vergleich von Biegefestigkeits-Angaben unterschiedlicher Hartmetallhersteller ist nur sinnvoll, wenn auch das Prüfverfahren mit angegeben wird:

- Verfahren, das auf einem rechteckigen Probestück basiert
  (nach DIN ISO 3327 bzw. ISO 3327)
- Alternatives Verfahren, das einen runden Probestab verwendet
  und etwa 20% höhere Werte ermittelt.

Ebenso wird die Bruchzähigkeit $K_{IC}$ in $MN/m^{3/2}$ (auch MPa $m^{1/2}$) als Maß für die Zähigkeit eines Hartmetalls (Fähigkeit zur Vermeidung eines Bruchs) nicht für einzelne Fertigungschargen ermittelt.
Bei den physikalischen Daten sind für den Anwender zunächst Härte und – falls aufgeführt – Biege- bzw. Biegebruchfestigkeit interessant. Hierbei interessieren nicht nur die absoluten Werte, sondern auch die Streuung gegenüber Werten aus früheren Lieferungen, zumal eine gewisse Abhängigkeit von geometrischen Größen gegeben ist. So weist ein Hartmetall-Stab mit größerem Durchmesser – aber aus gleichem Hartmetall – eine etwas geringere Härte als die eines kleineren Stabes auf.
Über die Dichte bekommt der Hartmetall-Hersteller Auskunft über den Sinterprozess (Über- oder Untersinterung); der Hartmetall-Anwender kann mit diesem Kennwert, bei relativ geringem Aufwand (Dichte-Waage), eventuelle Hartmetallsorten-Verwechslungen aufdecken.

Magnetische Sättigung und Koerzitivfeldstärke[1] sind für den Nichtfachmann relativ schwer zu interpretierende Werte und eignen sich vornehmlich für den Hartmetall-Hersteller zur Produktionsüberwachung (u.a. Aussage zur Kohlenstoffbilanz). Mit abnehmendem Bindemittelanteil (Co) oder feinerer Verästelung der Bindemittelphase und feinerer Karbidphase (WC), nehmen Koerzitivfeldstärke, aber auch Härte, zu. Somit lässt sich über die Koerzitivfeldstärke eine schnelle, zerstörungsfreie Härtebestimmung vornehmen.
Von größerem Interesse für den Hartmetall-Anwender sind die metallographischen Daten mit Angaben zur Porosität und zur Gefügestruktur.
Bei der Porosität werden mit „A" die Mikroporen ≤ 10 µm und mit „B" die Makroporen > 10 - 20 µm erfasst. Der hinter den Buchstaben „A" bzw. „B" angegebene Zahlenwert (02, 04, 06 oder 08 – je kleiner der Wert, umso besser) bezieht sich auf Vergleichsbilder, die in DIN ISO 4505[2] für ungeätzte, feinpolierte Proben bei 100- und 200-facher Vergrößerung wiedergegeben sind. Ein modernes Feinkorn-Hartmetall sollte A: < 02 und B: – sowie C: – aufweisen. Hierbei stellt der Buchstabe „C" mit seinem Zahlenwert die Kohlenstoffausscheidung („Kohlenstoffporosität") dar.
Für die Bewertung der Gefügestruktur muss zunächst eine Ätzung vorgenommen werden; Referenz-Gefügebilder bei 1.500-facher Vergrößerung sind in DIN ISO 4499 hinterlegt.
Unter „α" wird die durchschnittliche Korngröße des Härteträgers WC angegeben (z.B. 1 µm bei einer Feinkornsorte oder < 0,4 µm bei einer Ultrafeinstkornsorte).
Unter „β" wird die Verteilung (z.B. „gleichmäßige Verteilung") des Bindemittels bewertet und unter „γ" die Mischkarbide aufgeführt (bei reinen WC/Co-Hartmetallen demzufolge γ: –). Unter η findet eine Bewertung der Doppelkarbide (W, Co) C statt und gibt somit Auskunft, ob eine Unterkohlung und damit Versprödung vorliegt. Mit der Bildung einer „η-Phase" steigt zwar die Härte, allerdings begleitet durch einen starken Abfall der Biegefestigkeit und damit der Zähigkeit (somit erforderlich η: –).

## 4.4.2 Klassifizierung von Hartmetallen

Um den Verbrauchern den Einsatz der vielen, in ihren Eigenschaften sehr unterschiedlichen Hartmetallsorten zu erleichtern, wurden 1975 in der Norm ISO 513 drei anwendungsbezogene Haupt-Zerspanungsgruppen festgelegt. Diese Norm erschien 1992 in einer überarbeiteten Fassung als DIN ISO 513[3]. Hierin werden die drei Zerspanungs-Hauptgruppen mit einem Buchstaben und einer zweistelligen Zahl sowie einer Farbe gekennzeichnet:

- **Für langspanende Eisenmetalle (u.a. Baustähle):**
  **P** mit den sechs, durch Kurzzeichen **01, 10, 20, 30, 40, 50** gekennzeichneten Untergruppen (Farbe: Blau).
  Hierbei gilt, je kleiner die Zahl, umso größer die Verschleißfestigkeit und damit die Tendenz zu höherer Schnittgeschwindigkeit bzw. je größer die Zahl, umso größer die Zähigkeit und damit die Tendenz zu höherem Vorschub.

- **Für lang- oder kurzspanende Eisenmetalle sowie Nichteisenmetalle (u.a. rostbeständige Stähle, Leichtmetalle):**
  **M** mit fünf Untergruppen **01,10, 20, 30, 40** (Farbe: Gelb).

- **Für kurzspanende Eisenmetalle sowie Nichteisenmetalle und nichtmetallische Werkstoffe (u.a. Grauguss):**
  **K** mit fünf Untergruppen **01,10, 20, 30, 40** (Farbe: Rot).

[1] Feldstärke, die erforderlich ist, um die Remanenz eines aufmagnetisierten Hartmetalls abzubauen.
[2] DIN ISO 4505, identisch mit ISO 4505
[3] DIN ISO 513, identisch mit ISO 513




# Hartmetall

Seit Anfang 2001 liegt mit der ISO 513 (Werkzeuge mit Schneidkanten aus harten Werkstoffen) ein Arbeitspapier für eine weitere Überarbeitung der Norm vor.
In dem Normvorschlag ISO 513 werden statt drei nunmehr sechs Zerspanungs-Hauptgruppen festgelegt. Zudem wurden die zu bearbeitenden Werkstoffe in den Hauptgruppen besser eingegrenzt und die Untergruppen feiner aufgegliedert.

**Klassifizierung der Hartmetalle nach ISO-Anwendungsgruppen**

| Anwendungs-Hauptgruppen | | | Anwendungsgruppen | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kenn-buchstabe | Kenn-Farbe | Werkstoffe | Hartmetallsorten | | Einsatzverhalten | |
| **P** | blau | Stähle | P01<br>P10<br>P20<br>P30<br>P40<br>P50 | P05<br>P15<br>P25<br>P35<br>P45 | ⬆ | ⬇ |
| **M** | gelb | Rostfreie Stähle | M01<br>M10<br>M20<br>M30<br>M40 | M05<br>M15<br>M25<br>M35 | ⬆ | ⬇ |
| **K** | rot | Gusseisen | K01<br>K10<br>K20<br>K30<br>K40 | K05<br>K15<br>K25<br>K35 | ⬆ | ⬇ |
| **N** | grün | Nichteisenmetalle | N01<br>N10<br>N20<br>N30 | N05<br>N15<br>N25 | ⬆ | ⬇ |
| **S** | braun | Nickelbasis- und Titanlegierungen | S01<br>S10<br>S20<br>S30 | S05<br>S15<br>S25 | ⬆ | ⬇ |
| **H** | grau | Gehärtete Werkstoffe | H01<br>H10<br>H20<br>H30 | H05<br>H15<br>H25 | ⬆ | ⬇ |

Zunahme von Verschleißfestigkeit und Schnittgeschwindigkeit

Zunahme von Zähigkeit und Vorschub

Darüber hinaus werden die unterschiedlichen Schneidstoffe mit **H** für Hartmetall, **C** für Keramik, **D** für Diamant und **B** für Bornitrid gekennzeichnet.

**Klassifizierung der Schneidstoffe nach ISO-Kurzzeichen**

| Kurzzeichen | | Materialgruppen |
|---|---|---|
| Hartmetall | **H** W | WC/Co-Hartmetall |
| | **H** F | Feinkorn-Hartmetall (< 1µm) |
| | **H** T | TiC/TiN-Hartmetall (Cermet) |
| | **H** C | Beschichtetes Hartmetall (wie oben) |
| Schneidkeramik | **C** A | Weiße Keramik ($Al_2O_3$) |
| | **C** M | Mischkeramik ($Al_2O_3$ + Nichtoxide) |
| | **C** N | Siliziumnitridkeramik ($Si_3N_4$) |
| | **C** R | Verstärkte Keramik ($Al_2O_3$ + Whisker) |
| | **C** C | Beschichtete Keramik (wie oben) |
| Diamant | **D** P | Polykristalliner Diamant |
| | **D** M | Monokristalliner Diamant |
| Kubisches Bornitrid | **B** L | Kubisches Bornitrid (niedriger cBN-Anteil) |
| | **B** H | Kubisches Bornitrid (hoher cBN-Anteil) |
| | **B** C | Beschichtetes cBN (wie oben) |

Als Beispiel für die korrekte Bezeichnung einer unbeschichteten K40-Hartmetall-Mittelkornsorte bzw. einer K20-Feinkornsorte gilt demzufolge:

HW-K40 und HF-K20.

Obwohl die Hartmetall-Hersteller ihre Sorten nach diesem Schlüssel klassifizieren sollen, muss ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass zwei HF-K20-Hartmetalle von unterschiedlichen Lieferanten keineswegs identisch sind und mit hoher Wahrscheinlichkeit ein anderes Einsatzverhalten zeigen werden.

## 4.5 Eigenschaften von Hartmetallen

Für rotierende Vollhartmetall-Werkzeuge wie Schaftfräser und Bohrer sind die modernen Feinstkorn- und Ultrafeinstkorn-Hartmetalle von besonderer Bedeutung. Diese in der ISO-Anwendungsgruppe K einzureihenden Schneidstoffe sind reine WC/Co-Hartmetalle und demzufolge frei von größeren Mischkarbiden. Das außerordentlich feine Gefüge sorgt zum einen für hohe Härte, zum anderen aber auch für ausreichende Zähigkeit.
Da jeder Hartmetall-Hersteller eine eigene Definition für die Feinheit der WC-Kristallite verwendet, sei als Beispiel die Klassifizierung vom „Fachverband Pulvermetallurgie“ herangezogen.

**Klassifizierung von WC/Co-Hartmetallgefügen (nach „Fachverband Pulvermetallurgie“)**

| Korngrößenbereiche der gesinterten WC-Kristalle in µm | Bezeichnung des Sintergefüges |
|---|---|
| < 0,2 (=200 nm) | Nano |
| 0,2 - 0,5 | Ultrafeinst |
| 0,5 - 0,8 | Feinst |
| 0,8 - 1,3 | Fein |
| 1,3 - 2,5 | Mittel |
| 2,5 - 6,0 | Grob |
| > 6,0 | Extragrob |

Neben der Korngröße hat bekanntlich auch der Co-Anteil einen großen Einfluss auf die Eigenschaften eines Hartmetalls. Am Beispiel eines Hartmetalls mittlerer Korngröße sei der Einfluss des Kobalts auf einige Kennwerte dargestellt.

**Kennwerte von WC/Co-Hartmetall mittlerer Korngröße und ihre Abhängigkeit vom Co-Gehalt**

| Kennwerte | | Veränderung bei steigendem Co-Gehalt | ca.-Wert bei Co-Anteil | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 5% | 15% |
| Dichte | g/cm$^3$ | Abnahme, linear | 14,8 | 14,0 |
| E-Modul | kN/mm$^2$ | Abnahme, linear | 650 | 550 |
| Härte | HV30 | Abnahme, degressiv | 1.800 | 1.400 |
| Druckfestigkeit | N/mm$^2$ | Abnahme, degressiv | 6.000 | 4.500 |
| Biegebruchfestigkeit | N/mm$^2$ | Zunahme, degressiv bis ~ 18% Co | 3.200 | 3.500 |
| Bruchzähigkeit | MN/m$^{3/2}$ | Zunahme, degressiv | 10 | 18 |

Eine hohe Härte und Verschleißfestigkeit wird somit mit niedrigem Co-Anteil im Hartmetall erreicht. Unerwünscht ist dabei die einhergehende Abnahme der Zähigkeit. Bei einer Verfeinerung des WC-Korns deutlich unter 1 µm nimmt die Biegefestigkeit aber wieder stark zu, so dass ein Feinstkorn-Hartmetall sogar einen höheren Wert als ein Grobkorn-Hartmetall mit identischem Co-Gehalt aufweisen kann. Als Nachteil der besonders feinkörnigen Hartmetalle bleibt die niedrigere Wärmeleitfähigkeit, die zwar zu einem geringeren Wärmeeintrag in das Werkzeug, aber auch zu einer höheren Thermoschockempfindlichkeit führt.
Obwohl die Weiterentwicklung der Hartmetalle mit Feinst- und Ultrafeinstkorn-Gefüge sehr dynamisch verläuft und desweiteren das Doping eine Beeinflussung der Hartmetalleigenschaften in relativ weiten Grenzen erlaubt, sollen abschließend einige typische Kennwerte für derartige Hartmetalle wiedergegeben werden.

**Kennwerte für Ultrafeinstkorn-Hartmetalle mit unterschiedlichem Co-Gehalt**

| Kennwerte | | Co-Gehalt | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 6% | 8% | 10% | 12% |
| WC-Anteil (inkl. Doping) | % | 94 | 92 | 90 | 88 |
| Dichte | g/cm³ | 14,8 | 14,6 | 14,4 | 14,1 |
| Härte | HV30 | 2.050 | 1.900 | 1.800 | 1.680 |
| Biegefestigkeit | N/mm² | 3.500 | 3.600 | 3.750 | 3.900 |

Die zu erwartende Entwicklung auf dem Hartmetallsektor muss branchenbezogen betrachtet werden. Während im Bergbau nach wie vor sehr zähe Grobkorn-Hartmetalle dominieren werden, hält in der Zerspanungstechnik der Trend zu immer feinkörnigeren WC/Co-Hartmetallen ungebrochen an.
Diese Ultrafeinstkorn-Hartmetalle haben längst den Anwendungsbereich der Microwerkzeuge (z.B. Leiterplattenbohrer mit 0,2 mm Durchmesser) verlassen und finden immer mehr Einsatz in der konventionellen Zerspanung.
Ob es jemals gelingen wird, Mischkarbid-Feinstkornhartmetalle (ISO-Anwendungsgruppe P) herzustellen, bleibt ungewiss und hängt sicher auch von neuen Sintertechniken ab. Die Weiterentwicklung von laser- und mikrowellengestützten Sinterverfahren könnte in den kommenden Jahren hierauf eine Antwort geben.

## 4.6 Fachliteratur

**1. Brookes, Kenneth J.A.:**
**World Directory and Handbook of Hardmetals and Hard Materials – sixth edition.**
International Carbide Data (1997 – ISBN 0 9508995 4 2).

**2. Schedler, Wolfgang:**
**Hartmetall für den Praktiker.**
VDI-Verlag (1988 – ISBN 3-18-400803-7).

**3. Kolaska, Hans:**
**Pulvermetallurgie der Hartmetalle.**
Fachverband Pulvermetallurgie – Hagen (1992).

**4. DIN-Taschenbuch 247:**
**Pulvermetallurgie, Metallpulver, Sintermetalle, Hartmetalle.**
Beuth-Verlag (2001 – ISBN 3-410-14818-3).




# Hartmetall

# Verschleißschutz- u. Gleitschichten



Seite


**5.1 Einleitung . . . . . 110**

**5.2 Herstellung und Hauptmerkmale . . . . . 110**

**5.3 Kennwerte und Eigenschaften gängiger Schichten . . . . . 112**

5.3.1 Titannitrid-Schichten (TiN) . . . . . 113
5.3.2 Titan-Carbonitrid-Schichten (TiCN) . . . . . 115
5.3.3 Titan-Aluminiumnitrid-Schichten (TiAlN) . . . . . 117
5.3.4 Gleitschichten ($MoS_2$, C-amorph, DLC, WC/C) . . . . . 120
5.3.5 Hartstoffschichten mit Gleit-Deckschicht . . . . . 122
5.3.6 Chromnitrid- und Titandiborid-Schichten (CrN und $TiB_2$) . . . . . 123
5.3.7 Diamantschichten . . . . . 124
5.3.8 Ausblick . . . . . 127

**5.4 Allgemeine Anwendungshinweise . . . . . 128**

**5.5 Messverfahren zur Bewertung von Schichten . . . . . 132**

5.5.1 Schichtdicke . . . . . 132
5.5.2 Schichthärte . . . . . 133
5.5.3 Schichthaftung . . . . . 134
5.5.4 Weitere Mess- und Prüfverfahren . . . . . 134

**5.6 Verfahrens- und Anlagentechnik . . . . . 135**

5.6.1 PVD-Beschichtungsverfahren . . . . . 135
5.6.2 CVD-Beschichtungsverfahren . . . . . 140
5.6.3 Entschichten und Wiederbeschichten . . . . . 141

**5.7 Fachliteratur . . . . . 141**

# Verschleißschutz- u. Gleitschichten

## 5.1 Einleitung

Bekanntlich wird ein Bauteil mit zunehmender Härte verschleißfester, damit allerdings auch spröder. Da einerseits Härte und Zähigkeit gegenläufig sind und andererseits der Verschleiß von der kontaktierten Oberfläche ausgeht, wurde frühzeitig erkannt, dass es von Vorteil ist, nur die Bauteiloberfläche härter bzw. verschleißfester zu gestalten.

Als Beispiel hierfür seien genannt:

- nitrierte Werkstücke aus Stahl,
- aufgelötete oder eingegossene Plättchen aus verschleißbeständigerem Werkstoff,
- galvanisch aufgebrachte Schutzschichten,
- durch Flamm- oder Plasmaspritzen aufgesprühte Hartstoffschichten,
- durch Verdampfen abgeschiedene Verschleißschutzschichten, etc.

Bereits 1953 wurde beschrieben, wie bei höherer Temperatur mit Reaktivgasen harte Titancarbid (TiC)- und Titannitrid (TiN)-Schichten abgeschieden werden können. Zunächst stand die Beschichtung von Stahl im Mittelpunkt. Ziemlich bald kam die Erkenntnis hinzu, dass sich die negativen Auswirkungen der Schichtsprödigkeit durch eine Verringerung der Schichtdicke deutlich abmildern ließen – allerdings unter Verlust eines Teils des verfügbaren Verschleißvolumens. Später zeigte die Erfahrung, dass die ganze Wirksamkeit von Hartstoffschichten erst bei ausreichend hartem und druckfestem Unterbau zur Geltung kommt.
Hiermit kam das Hartmetall wieder in den Blickpunkt der Entwicklung, denn bis dato herrschte die Auffassung vor, dass eine weitere Steigerung der Oberflächenhärte nicht erforderlich bzw. nicht möglich sei. Die neuen Hartstoffschichten gestatteten aber fortan die Verwendung von zäheren Hartmetallsubstraten bei gleichzeitiger Steigerung der Verschleißfestigkeit durch die Beschichtung.
Erst um 1968 kamen titancarbidbeschichtete Hartmetall-Wendeschneidplatten auf den Markt, was zu einem Quantensprung in der Zerspanung von Eisenwerkstoffen führte. Durch verbesserte Prozessführung gelang es in der Folgezeit, die unerwünschte Sprödschicht (Etaphase bzw. $\eta$-Phase) zwischen Verschleißschutzschicht und Hartmetallsubstrat zu vermeiden und die Schichthaftung zu optimieren.
Im Jahr 1978 wurden mit dem PVD-Verfahren (siehe **Kapitel 5.2**) die ersten titannitridbeschichteten Werkzeuge aus Hochleistungs-Schnellarbeitsstahl angeboten. Fortschritte in der Anlagen- und Prozesstechnik ermöglichten darüber hinaus eine dynamische Entwicklung bei den Hartstoffschichten, die bis in die heutige Zeit anhält.

Schichten lassen sich unterteilen in Korrosionsschutzschichten, dekorative Schichten, Schichten für die optische Industrie, Schichten für die Informationstechnik, tribologische Schichten, usw. Nachfolgend sollen nur **verschleißmindernde** und **reibungsmindernde tribologische Schichten** von Interesse sein.

## 5.2 Herstellung und Hauptmerkmale

Unter der Vielzahl von Verfahren, die zur Abscheidung von anorganischen und organischen Schichten zum Einsatz kommen, haben zwei für die Werkzeugtechnik eine herausragende Bedeutung:

- die physikalische Gasphasenabscheidung PVD („**P**hysical **V**apor **D**eposition“) und
- die chemische Gasphasenabscheidung CVD („**C**hemical **V**apor **D**eposition“).

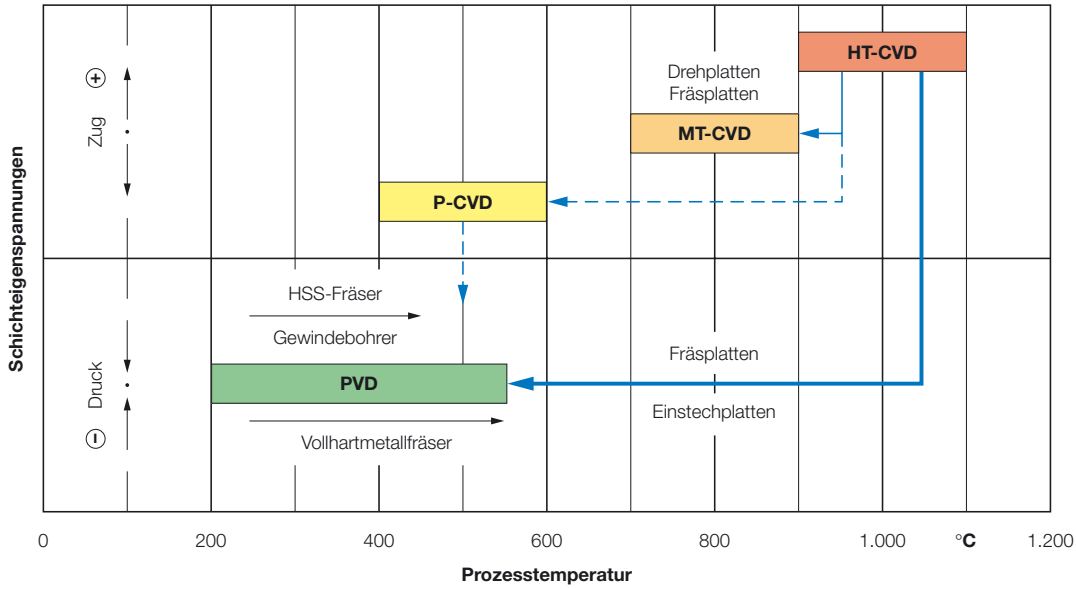
Während auf die Anlagentechnik mit ihren vielen Varianten später noch eingegangen wird (siehe **Kapitel 5.6**), sollen zunächst Prozesstemperatur und wesentliche Merkmale der PVD- und CVD-Schichten betrachtet werden.

Die für einteilige, rundlaufende Präzisionswerkzeuge gängigen PVD-Schichten werden mit etwa 450 °C bei relativ niedriger Temperatur abgeschieden. Da dies unterhalb der Anlasstemperatur (rund 550 °C) liegt, können Werkzeuge aus Hochleistungs-Schnellarbeitsstahl (HSS) ohne nachträgliche Wärmebehandlung so beschichtet werden.

Für Werkzeuge und Schneidkörper aus Hartmetall (HM) hat die niedrige Prozesstemperatur den Vorteil, dass eine Versprödung des Schneidstoffs an den Schneidkanten vermieden wird, was sich insbesondere beim Fräsen mit unterbrochenem Schnitt positiv auswirkt. PVD-Schichten weisen, je nach Aufbau, mehr oder weniger hohe Druck-Eigenspannungen auf. Die zu beschichtenden Substrate (Werkzeuge) müssen einem aufwendigen, mehrstufigen Reinigungsprozess unterzogen werden, um ausreichende Schichthaftung zu gewährleisten. Des weiteren ist zu beachten, dass beim Beschichten ungewollte Abschattungen vermieden werden, die den Schichtaufbau unterbinden würden.

CVD-Schichten werden bei wesentlich höheren Temperaturen von etwa 800 bis 1.000 °C abgeschieden – je nachdem, ob es sich um einen Mittel- oder Hochtemperaturprozess (MT-, HT-CVD) handelt.

**Temperaturbereiche von Hochtemperatur-, Mitteltemperatur- und Plasma-CVD-Prozessen, sowie von PVD-Beschichtungsverfahren:**




Somit werden diese Schichten im Wesentlichen auf Hartmetall abgeschieden und eine gewisse Versprödung des Substrats wird in Kauf genommen. Von Vorteil sind die gute Schichthaftung (Zug-Eigenspannungen), der geringe Reinigungsaufwand vor der Beschichtung, die nicht vorhandene Abschattung und die vergleichsweise einfache Anlagentechnik. Vor allem Wendeschneidplatten aus Hartmetall, insbesondere für die Drehbearbeitung, lassen sich in großer Stückzahl preiswert in CVD-Anlagen beschichten. Im Jahr 2000 wurden etwa 70% aller Wendeschneidplatten CVD-beschichtet. Es werden aber auch – in Verbindung mit einer Wärmebehandlung – große Umformwerkzeuge aus Stahl mit Mitteltemperatur-CVD-Schichten versehen. Allerdings setzt dies voraus, dass der damit einhergehende Wärmeverzug kompensiert werden kann. Andernfalls muss auf eine PVD-Beschichtung ausgewichen werden.
Prozessvarianten wie das Plasma-CVD (P-CVD) arbeiten bei wesentlich niedrigeren Temperaturen (etwa 500 °C), um eine Substratversprödung zu vermeiden. Mit Verfahrensvarianten können auch Schichten mit Druck-Eigenspannungen abgeschieden werden. Das Plasma-CVD ist erst seit wenigen Jahren am Markt vertreten und hat noch keine große Verbreitung erlangt.

Werden weltweit alle Werkzeuge (ohne HSS) aus harten und hochharten Schneidstoffen betrachtet, so wird für das Jahr 2000 der Anteil CVD-beschichteter Hartmetalle auf ca. 41% und der mit PVD-Schicht versehenen auf ca. 12% geschätzt. Für 2005 wird mit einer weiteren Verschiebung um drei Prozentpunkte (CVD: 38%, PVD: 15%) zugunsten von PVD gerechnet. Es sei noch erwähnt, dass neben HSS und HM auch Schneidkeramik und hochharte, polykristalline Schneidstoffe in geringem Umfang beschichtet werden.

## 5.3 Kennwerte und Eigenschaften gängiger Schichten

Die Vielzahl der von den unterschiedlichen Beschichtern angebotenen Standardschichten ist kaum noch überschaubar. Noch verwirrender machen das Bild kundenspezifische Abwandlungen, die oftmals auf einen bestimmten Anwendungsfall zugeschnitten sind. Die Beschichtungsbranche zeichnet sich zudem durch eine sehr hohe Entwicklungsdynamik aus. Die nachfolgenden Aussagen berücksichtigen etwa den Stand von Ende 2002.

In den letzten Jahren kamen zunehmend mehrlagige Hartstoffschichten auf den Markt, die nicht mehr zwei bis drei, sondern 10 bis 20 Schichten aufwiesen, bei gleicher Gesamtdicke der Schicht von etwa 3 µm. Eine weitere Verringerung der Sprödigkeit wurde durch eine nanokristalline Schichtstruktur mit 100 bis 1.000 kaum mehr zu unterscheidenden Einzellagen erreicht.
Die Schichtdicken können weitestgehend dem Kundenwunsch angepasst werden. Für die einzelnen Bearbeitungsverfahren und Anwendungsfälle haben sich mit der Zeit aber typische Erfahrungswerte herauskristallisiert. So werden für gängige Dreharbeiten eher dickere CVD-Schichten (ca. 6 µm) eingesetzt, für das kritischere Stechdrehen aber vorzugsweise nur halb so dicke PVD-Schichten. Auch Schaftfräser, die im unterbrochenen Schnitt arbeiten, werden üblicherweise mit 2 bis 3 µm dicken PVD-Schichten versehen, wobei zu beachten ist, dass die Schichtdicke von der Stirn zum Schaft hin abnimmt (siehe **Kapitel 5.5.1**). Reibwerkzeuge benötigen sehr scharfe Schneidkanten und tolerieren somit nur sehr dünne Hartstoffschichten von 1 bis 2 µm, die keine große Kantenverrundung verursachen. Ähnliches gilt auch für die Bearbeitung von bestimmten Werkstoffen wie z.B. von Aluminium-Knetlegierungen.

Hartstoff- und andere Schichten lassen sich prinzipiell durch physikalische Kenngrößen wie Härte, Reibwert (trocken gegen Stahl), Oxidationsbeständigkeit, Wärmeleitfähigkeit, usw. charakterisieren, allerdings weichen die Angaben hierfür von Hersteller zu Hersteller stark ab. So ist ein mit der Stift/Scheibe-Methode gemessener Reibwert abhängig von einer ausreichenden Einlaufzeit. Aber auch bei den Härteangaben – üblich als Vickers-Härtewert HV0,05 (d.h. mit 0,5 N Prüflast) – fehlt nicht selten der Prüflastindex. Je nach Schichtdicke, Schicht- und Substrathärte können geringere Prüfkräfte erforderlich werden. Es muss nicht nur mit einer Messunsicherheit von z.B. ± 300 HV0,05 (je nach Anzahl der Messungen) gerechnet werden, sondern die Härte kann vom Hersteller auch nach Knoop gemessen und in Vickers umgerechnet worden sein. Demzufolge sind derartige Kennzahlen mit Vorsicht zu betrachten. Ihre Aussagefähigkeit ist für die Güte der Schicht unter Einsatzbedingungen – wo ganz andere Temperaturen und Kräfte einwirken, sowie chemische Prozesse ablaufen – eher begrenzt.
Entscheidend ist der im Anwendungsfall zu zerspanende Werkstoff, aber auch das eingesetzte Bearbeitungsverfahren und eine Vielzahl von Randbedingungen.

Die nachfolgend betrachteten Schichten beziehen sich schwerpunktmäßig auf spanende Präzisionswerkzeuge (inklusive der Gewindeformwerkzeuge) in Monoblockausführung. Spezifische Schichten für Wendeschneidplatten werden nicht gesondert behandelt. Somit gelten die Aussagen, wenn nicht ausdrücklich anders angegeben, für PVD-Schichten. Ebenso wird auf die Eignung der Schichten für Umform-, Schnitt- und Stanzwerkzeuge sowie Kunststoff-Spritzgussformen allenfalls am Rande eingegangen.

Da es auf Grund der Vielfalt nicht möglich ist, auf die Schichten sämtlicher Hersteller einzugehen, wurden für die nachfolgenden Tabellen repräsentativ folgende vier Hersteller ausgewählt:

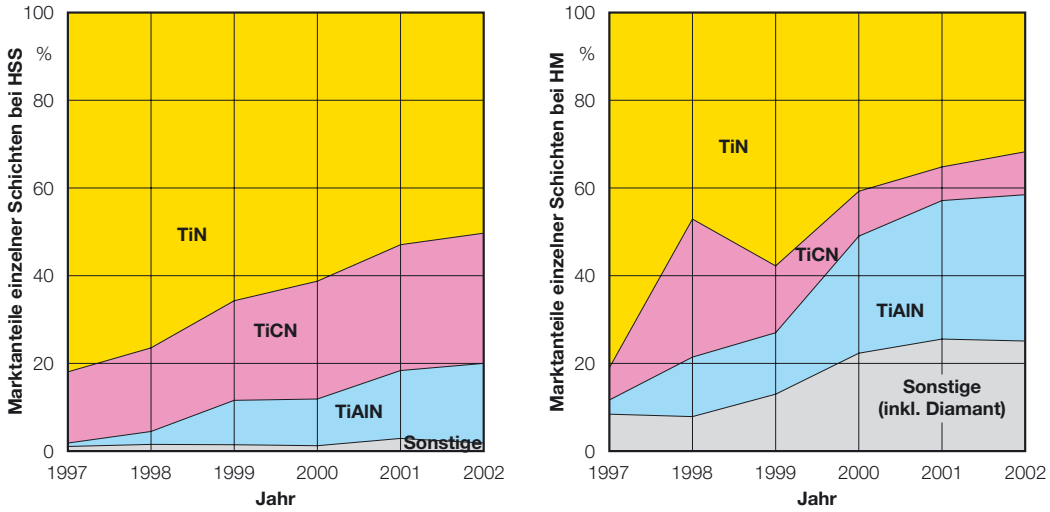
- Balzers (Balzers / FL)
- CemeCon (Würselen / D)
- Eifeler (Düsseldorf / D)
- Platit (Fa. BCI/Blösch – Grenchen / CH)

Es sei ausdrücklich betont, dass sich hiervon keinerlei Rückschlüsse auf Qualität und Verbreitung der Schichten anderer Hersteller ableiten lassen.

## 5.3.1 Titannitrid-Schichten (TiN)

Die in der Einleitung erwähnte Titancarbid-Schicht (TiC) wurde relativ schnell durch die zähere Titannitrid-Schicht (TiN) verdrängt. Hier mag die ansprechende goldene Farbe, die auch die Verschleißzonen gut erkennen lässt, die schnelle Verbreitung begünstigt haben. Die TiN-Schicht hat sich in den vergangenen 25 Jahren als die „Allround-Schicht" etabliert, allerdings verliert sie in den letzten Jahren Marktanteile an andere oxidationsbeständigere Schichten. TiN ist seit langem die erste Wahl bei der Beschichtung von HSS-Gewindebohrern und hat von allen Schichten nach wie vor den größten Marktanteil in Deutschland und weltweit.

**Relative Marktanteile (nach Umsatz) der wichtigsten Schichten von HSS- und HM-Zerspanungswerkzeugen in Deutschland (nach VDMA):**




Da TiN-Schichten sich auch in extrem dünnen (1 µm und weniger) und dabei noch geschlossenen Lagen abscheiden lassen, eignen sie sich besonders gut für Werkzeuge mit sehr scharfen Schneiden wie Reibahlen. Ein weiterer Vorteil liegt in der Biokompatibilität, so dass etliche Anwendungen im Lebensmittelbereich (z.B. Beschichtung von Messern) und bei Implantaten (z.B. Hüftgelenken) vorliegen. Einige durchschnittliche Kennwerte für TiN-Schichten sind für die bereits genannten vier Hersteller in nachstehender Tabelle wiedergegeben.

**Titannitrid-Schichten – Bezeichnung, Aufbau und Kennwerte von TiN**

| Hersteller | Markenname | Schichtaufbau | Farbe | Kennwerte | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Microhärte HV0,05 | Reibwert | max. Einsatztemperatur in °C |
| Balzers | **BALINIT A** | TiN - einlagig | gold-gelb | 2.300 | 0,4 | 600 |
| CemeCon | **SUPERTIN** | TiN - einlagig | gold-gelb | 2.700 | 0,45 | 450 |
| Eifeler | **TiN** | TiN - einlagig | gold-gelb | 2.300 | 0,6 | 500 |
| Platit | **TiN** | TiN - einlagig | gold-gelb | 2.400 (24 GPa) | 0,55 | 600 |

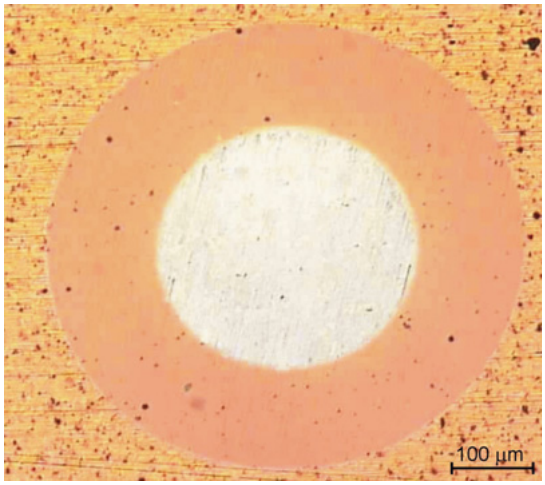
# Verschleißschutz- u. Gleitschichten

Wegen der geringen Reaktivität von TiN mit Eisenwerkstoffen ist es am besten geeignet für die Bearbeitung von niedriglegierten Stählen mit niedriger bis mittlerer Festigkeit, die zur Materialaufschweißung neigen. Die chemische Stabilität und die gute Polierbarkeit sind weitere wesentliche Gründe für die Verbreitung der Schicht bei Spritzgussformen für Kunststoffe und andere Werkstoffe. Schließlich ist TiN, unbehandelt und in polierter Ausführung, als dekorative Deckschicht sehr beliebt.

Schichtaufbau und -dicke können im Querschliff oder als Bruchfläche unter dem Mikroskop bzw. Rasterelektronenmikroskop (REM) analysiert und gemessen werden. Für eine schnelle Bewertung wird häufig mit Stahlkugel und Diamantsuspension eine Kalotte durch die Hartstoffschicht bis zum Grundmaterial erzeugt (siehe **Kapitel 5.5.1**), über die die Schichtdicke berechnet werden kann und der grundsätzliche Schichtaufbau mit Hilfe eines Mikroskops erkennbar wird.

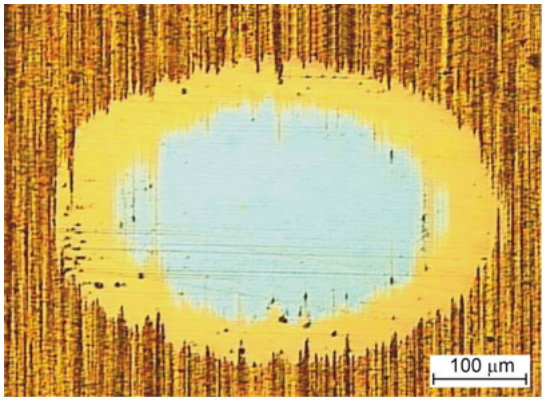
Bei einer ebenen Fläche wird die Kalotte als konzentrische Kreise abgebildet, die umso gleichmäßiger ausfallen, je höher die Oberflächengüte des Grundmaterials ist.

**Kalotte einer 2,5 µm dicken TiN-Schicht auf polierter HSS-Platte mit $R_a \approx 0{,}02$ (Eifeler):**




Üblicherweise werden die Substratoberflächen durch Schleifen erzeugt und haben demzufolge eine Riefenstruktur, die auch auf der Schichtoberfläche wieder abgebildet wird. Ferner ist erkennbar, dass auf Zylinderschäften die Kalotte als konzentrische Ellipsen erscheint.

**Kalotte einer 2 µm dicken TiN-Schicht auf geschliffenem Zylinderschaft mit Ra ≈ 0,16 (Eifeler):**



## 5.3.2 Titan-Carbonitrid-Schichten (TiCN)

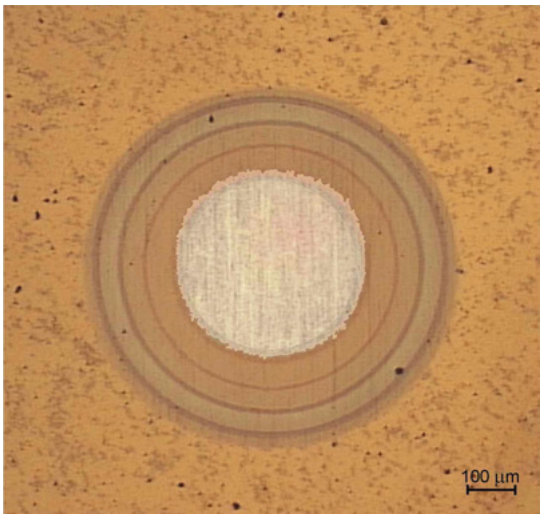
Die sehr harte und zähe Titan-Carbonitrid-Schicht (TiCN) konnte bald die TiN-Schicht bei HSS-Schaftfräsern verdrängen, insbesondere in Fällen höherer mechanischer Belastung. Mit derartigen Fräswerkzeugen konnte auch der erste Bedarf für die Trockenbearbeitung abgedeckt werden. Im Vergleich zu TiN sei auf die höhere Wärmeleitfähigkeit und die deutlich geringere maximale Einsatztemperatur hingewiesen.

**Titan-Carbonitrid-Schichten – Bezeichnung, Aufbau und Kennwerte von TiCN**

| Hersteller | Markenname | Schichtaufbau | Farbe | Kennwerte | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Microhärte HV0,05 | Reib-wert | max. Einsatz-temperatur in °C |
| Balzers | **BALINIT B** | TiCN - mehrlagig gradiert | blau-grau | 3.000 | 0,4 | 400 |
| | **BALINIT G** | TiCN+TiN - mehrlagig gradiert | gold-gelb | 3.000 | 0,4 | 400 |
| CemeCon | **HARDFLEX** | TiCN/TiAlN - mehrlagig +TiCN-Deckschicht | rot-braun | 3.000 | 0,2 | 850 |
| Eifeler | **TiCN** | TiN/TiCN - drei Doppellagen | blau-grau | 3.500 | 0,15 | 400 |
| Platit | **TiCN** | TiCN - mehrlagig gradiert | blau-grau | 3.700 | 0,2 | 400 |
| | **TiCN - MP** | TiCN - mehrlagig gradiert | rot-kupfer | 3.200 | 0,2 | 400 |

Durch gezielte Steuerung des Beschichtungsprozesses lassen sich während des Schichtaufbaus Nitrid- und Karbid-Anteil variieren. Diese sogenannten Gradientenschichten haben beispielsweise einen zäheren Unterbau und einen kohlenstoffreicheren und damit härteren Deckbereich. Nach dieser Methode kann auch der äußere Schichtbereich besonders glatt und gleitfähig (niedriger Reibungskoeffizient) gestaltet werden.
Reine TiCN-Einlagenschichten werden immer seltener angeboten und durch Gradienten- oder Mehrlagenschichten ersetzt, bei denen das C- zu N-Verhältnis variiert. Hierdurch werden die unterschiedlichsten Verbesserungen erzielt, unter anderem wird die Zähigkeit der Schicht erhöht und die Fortpflanzung von Rissen innerhalb der Schicht erschwert. Als Beispiel hierfür kann die ca. 4 µm dicke „**BALINIT G**“-Schicht von **Balzers** mit drei TiCN-Gradientenschichten und zusätzlicher TiN-Deckschicht gelten.

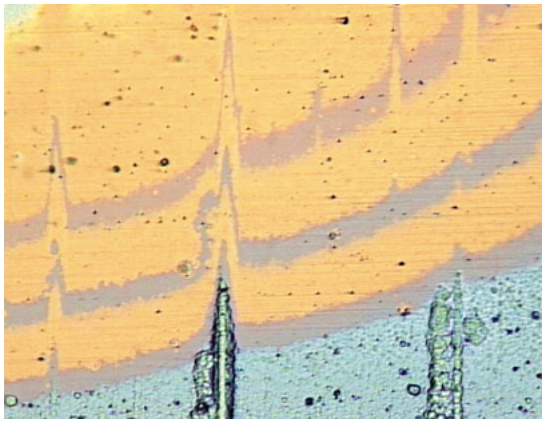
**TiCN-Mehrlagenschicht mit TiN-Decklage (BALINIT G – Balzers):**



# Verschleißschutz- u. Gleitschichten

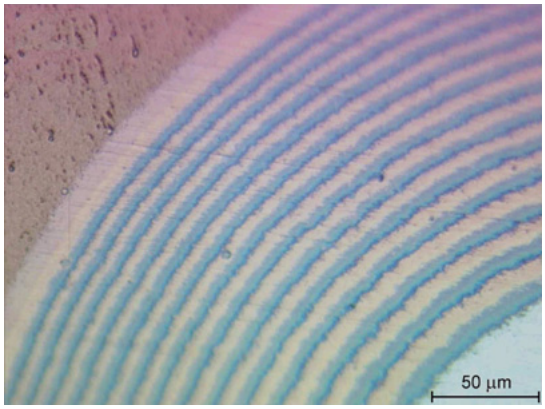
Der Ausschnitt des Kalottenschliffs einer mehrlagigen TiCN-Schicht von **Eifeler** zeigt sehr anschaulich, wie die einzelnen TiN- und TiCN-Lagen der Riefenstruktur des Substrats folgen. Über den Kohlenstoffhaushalt wird ein besonders niedriger Reibungsbeiwert in der Deckschicht erreicht.

**Drei Doppellagen TiN/TiCN. Einfluss von Riefen im Substrat auf die Schichtausbildung (Eifeler):**



Insbesondere auf HSS-Werkzeugen wird TiCN erfolgreich bei unlegierten und legierten Stählen (auch mit hoher Festigkeit) eingesetzt, sowie in Gussaluminium und bestimmten Buntmetallen wie Messing und Bronze. Allerdings findet eine fortlaufende Substitution durch TiAlN und deren Varianten statt (siehe Diagramme **Kapitel 5.3.1**).
So ist auch die „**HARDFLEX**“-Schicht von **CemeCon** zu sehen, die zwar eine TiCN-Deckschicht hat, aber durch den mehrlagigen TiCN/TiAlN-Unterbau eine herausragende maximale Einsatztemperatur zulässt. Sie könnte mit gleicher Berechtigung den TiAlN-Schichten in **Kapitel 5.3.3** zugeordnet werden.

**Mehrlagige TiCN/TiAlN-Schicht (HARDFLEX – CemeCon):**



### 5.3.3 Titan-Aluminiumnitrid-Schichten (TiAlN)

Die hohe thermische und chemische Beständigkeit der Titan-Aluminiumnitrid- und Titan-Aluminiumcarbonitrid-Schichten (TiAlN und TiAlCN) ermöglichen eine deutlich höhere Einsatztemperatur der damit beschichteten Werkzeuge. Durch ihren Aufbau (ein- oder mehrlagig, kristallin oder nanokristallin), dem Aluminiumanteil (Al) und dem Einbau von anderen chemischen Elementen wie Kohlenstoff (C), Yttrium (Y) oder Niob (Nb) lassen sich diese Schichten an die unterschiedlichsten Einsatzfälle – Werkstoffe und Bearbeitungsverfahren – in einem weiten Bereich anpassen. So haben sich einlagige TiAlN-Schichten besonders in der Hart- und Trockenbearbeitung mit Hartmetallwerkzeugen bewährt. Die Mehrlagenschichten weisen geringere Härte, dafür aber höhere Zähigkeit auf. Sie sind damit universeller einsetzbar, auch im unterbrochenen Schnitt und in Verbindung mit HSS-Werkzeugen.

Eine Weiterentwicklung von Mehrlagen- zu Viellagenschichten zeichnet sich als Trend ab. Diese Nanolagen sind als Einzelschichten nur noch unter dem Transelektronenmikroskop (TEM) erkennbar. Sie werden bei deutlich erhöhter Drehzahl der Chargiergestelle abgeschieden, die wegen des Trockenlaufs im Hochvakuum mechanisch angepasst werden müssen.

**Titan-Aluminiumnitrid-Schichten – Bezeichnung, Aufbau und Kennwerte von TiAlN und TiAlCN**

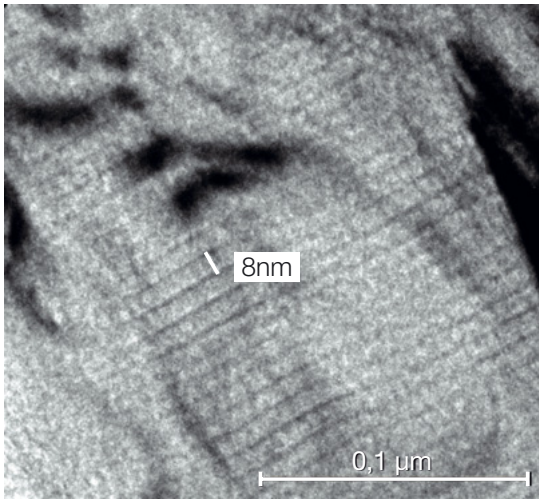
| Hersteller | Markenname | Schichtaufbau | Farbe | Kennwerte | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Microhärte HV0,05 | Reibwert | max. Einsatztemperatur in °C |
| Balzers | **BALINIT FUTURA NANO** | TiAlN - nanostrukturiert | violett-grau | 3.300 | 0,3 | 900 |
| | **BALINIT FUTURA 10µ** | TiAlN - nanostrukturiert | violett-grau | 3.400 | 0,3 | 900 |
| | **BALINIT X.TREME** | TiAlN - einlagig | violett-grau | 3.500 | 0,4 | 800 |
| | **BALINIT X.CEED** | TiAlN - einlagig | blau-grau | 3.300 | 0,4 | 900 |
| CemeCon | **TICANOX** | TiAlCN - mehrlagig | rot-braun | 2.800 | 0,25 | 600 |
| | **TINALOX** | TiAlN - einlagig | blau-grau | 3.600 | 0,3 | 850 |
| | **MULTIPLEX** | TiN/TiAlN - mehrlagig | blau-grau | 2.300 | 0,3 | 850 |
| | **ALOX** | TiAlN - einlagig | blau-schwarz | 3.700 | 0,3 | 850 |
| Eifeler | **VARIANTA** | TiAlN - mehrlagig | aubergine | 3.500 | 0,7 | 800 |
| | **(NANO) VARIANTIC** | TiAlCN - mehrlagig | altrosa | 3.500 | 0,15 | 800 |
| | **EXXTRAL (PLUS)** | TiAlN - einlagig | aubergine | 3.500 | 0,7 | 800 |
| Platit | **TiAlN UniversAL** | TiAlN/TiN - mehrlagig<br>TiAlN - einlagig | viol.-schw.<br>viol.-schw. | 2.800<br>3.500 | 0,6<br>0,5 | 700<br>800 |
| | **TiAlCN - G** | TiAlCN - einlagig gradiert | burgund-violett | 2.800 | 0,25 | 500 |
| | **AlTiN** | TiAlN - einlagig (auch mehrlagig) | schwarz | 3.800 | 0,7 | 800 |
| | **µ AlTiN** | TiAlN/TiN - mehrlagig | schwarz | 3.800 | 0,3 | 800 |
| | **AlTiSiN** | TiAlN - einlagig | blau-viol. | 4.500 | 0,45 | 1.100 |

# Verschleißschutz- u. Gleitschichten

Die vier von **Balzers** derzeit angebotenen TiAlN-Schichten sind für folgende Einsatzfälle vorgesehen:

- **BALINIT FUTURA NANO** (als Ergänzung zur **FUTURA**-Mehrlagenschicht mit etwa zwölf doppellagigen TiAlN-Schichten mit unterschiedlichem Ti- zu Al-Verhältnis) weist bei einer Gesamtdicke von 4 µm eine Nanostruktur mit ca. 500 kaum zu unterscheidenden Einzellagen auf. Sie ist auf thermisch höher belastete Fräs-, Bohr- und Drehwerkzeuge aus HSS und Hartmetall zugeschnitten. Mit der Zusatzbezeichnung **GOLD** wird sie auch mit einer TiN-Deckschicht angeboten. Mit **BALINIT FUTURA TOP** wird eine weitere Variante bezeichnet, deren Schicht einem nachträglichen Glättungsprozess (keine Reste von Spritzern bzw. „Droplets“) unterzogen wurde. Der hierdurch auf ca. 0,25 herabgesetzte Reibwert sorgt insbesondere beim Bohren tieferer Löcher für besseren Spänetransport.

**TEM-Aufnahme von nanostrukturierter TiAlN-Viellagenschicht (BALINIT FUTURA NANO – Balzers):**

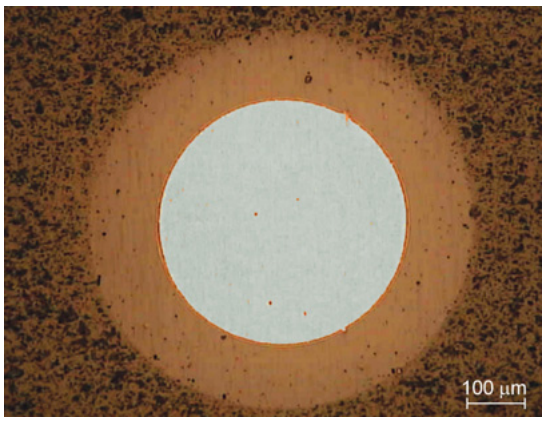



- **BALINIT FUTURA 10µ** mit einer Schichtdicke von 6 bis 8 µm ist mit etwas höherer Härte ebenfalls nanostrukturiert und für Dreh-Wendeschneidplatten besonders geeignet. Beide Schichten haben relativ niedrige Druck-Eigenspannungen.

- **BALINIT X.TREME** mit hoher Druck-Eigenspannung und besonders hoher Härte ist einlagig aufgebaut und wird vorzugsweise bei der Hartbearbeitung mit Hartmetall-Schaftfräsern, Wendeschneidplatten-Fräsern und Hartmetall-Gewindefräsern eingesetzt. Weitere Einsatzgebiete sind die Hochgeschwindigkeitsbearbeitung und die Fräsbearbeitung von abrasiven Gusseisensorten.

- **BALINIT X.CEED** mit einer Schichtdicke von 3 µm und einem höheren Al- als Ti-Anteil, ist im Aufbau ähnlich, aber mit höherer Schichthaftung und Oxidationsbeständigkeit etwas zäher ausgelegt und auf Titan- und Nickelbasislegierungen zugeschnitten.

**Einlagen-TiAlN-Schicht (BALINIT X.CEED – Balzers):**



**CemeCon** hält für die verschiedensten Anwendungsfälle auch mehrere Schichtvarianten bereit:

- **TICANOX** ist als TiAlCN speziell gegen TiCN positioniert und eignet sich u.a. zur Beschichtung von HSS-Fräsern für die Bearbeitung von niedrig- und höherlegierten Stählen. Der mehrlagige Schichtaufbau soll bei Kammrissbildung deren Ausbreitung verhindern.

- **TINALOX** hat ein besonders breites Einsatzgebiet, so in der Trocken- und Hochgeschwindigkeitsbearbeitung von Stahl und Gusseisen mit Fräs-Wendeschneidplatten; die glatte Schichtoberfläche begünstigt den Spanfluss.

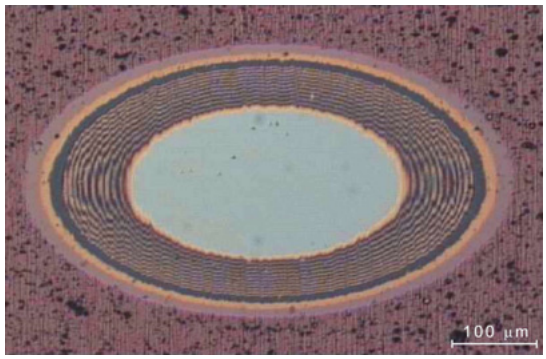
- **ALOX**, eine weitere TiAlN-Schicht, kann durch eine besondere Prozessführung auch in dickeren Lagen von z.B. 8 µm bei 450 °C abgeschieden werden und ist somit eine Alternative zu CVD-Aluminiumoxid-Schichten ($Al_2O_3$) für Dreh-Wendeschneidplatten. Neben der Schwerzerspanung von Gusseisen, Stahl und gehärtetem Stahl durch Drehen und Bohren kommt die Schicht auch bei der Bearbeitung von siliziumhaltigen, abrasiven Aluminiumlegierungen zum Einsatz.

**Eifeler** deckt das Anwendungsfeld ebenfalls mit drei Schichtvarianten ab:

- **VARIANTA** ist die auf Zähigkeit und damit auf universellen Einsatz abgestimmte TiAlN-Mehrlagenschicht (11 TiN/TiAlN-Doppelschichten). Sie eignet sich besonders für HSS- und Hartmetall-Bohrwerkzeuge, aber auch für HSS-Fräswerkzeuge.

- **VARIANTIC** weist zusätzlich eine sehr glatte TiCN-Deckschicht mit niedrigem Reibungsbeiwert auf. Mit **NANO VARIANTIC** ist wiederum der Trend zu Viellagen-Schichtsystemen (ca. 100 Nano-Schichten) erkennbar.

**Mehrlagige TiAlN/TiN-Schicht mit TiCN-Decklage und einer Gesamtdicke von 2,5 µm (VARIANTIC – Eifeler):**




- **EXXTRAL** ist eine auf einer CrN-Haftschicht aufbauende TiAlN-Einlagenschicht mit hohem Aluminiumanteil. Neben hoher Härte bei ausreichender Zähigkeit sind die geringe Wärmeleitung und die gute Beständigkeit gegen Oxidation und chemische Reaktionen hervorzuheben. Somit wird diese Schicht u.a. beim Fräsen, Bohren und Drehen in der Trocken-, Hart- und Hochgeschwindigkeitsbearbeitung eingesetzt.

**Platit** bietet wie die Mitbewerber standardmäßig mehrlagige zähere Schichten für weniger stabile Einsatzfälle und für stabile und thermisch höher belastete Fälle Einlagenschichten an:

- **TiAlCN-G** wird optional als Universalschicht für das Fräsen, Abwälzfräsen und Gewindeschneiden mit besonders breitem Einsatzbereich durch gute Abstimmung von Härte und Zähigkeit (Härtegradient) angeboten.

- **AlTiN** soll bereits durch die Schreibweise dokumentieren, dass ein besonders hoher Aluminiumanteil vorliegt und somit eine hohe thermische Belastung zulässig ist. Auch hier wird wiederum eine zähere mehrlagige und eine verschleissfestere, etwas sprödere einlagige Ausführung angeboten. Letztere, wenn mit dem Präfix **µ** versehen, ist eine Variante mit deutlich herabgesetztem Reibwert für die Gewinde-, Reib- und Präzisionsbearbeitung.

- **AlTiSiN** ist als gradiierte Einlagenschicht mit besonders hoher Härte u.a. für das Hochleistungsfräsen geeignet.

**Hochtemperaturbeständige Einlagen-Gradientenschicht mit Haftvermittler (AlTiSiN – Platit):**



## 5.3.4 Gleitschichten ($MoS_2$, C-amorph, DLC, WC/C)

Gleitschichten sind tribologische Schichten, die auch im Trockenlauf eine gewisse Eigenschmierung sicherstellen. Mit der Verringerung von Oberflächenreibung und erzeugter Reibungswärme wird der Wärmeeintrag in das Bauteil bzw. die Werkzeugschneide reduziert. Eine grobe Unterteilung unterscheidet zwischen weichen und harten Gleitschichten. Die bekannteste weiche Gleitschicht, Molybdändisulfid ($MoS_2$), hat vor allem eine Bedeutung bei Umformwerkzeugen erlangt, in der Zerspanung aber nur in wenigen kritischen Anwendungen wie dem Tiefbohren.

Bei den für die Zerspanung bedeutenderen harten Gleitschichten kommen u.a. die amorphen Kohlenstoffschichten (a-C) und die wasserstoffhaltigen Metall-Kohlenstoff-Schichten (Me-C:H, z.B. WC/C) zur Anwendung (siehe VDI 2840). Die Kohlenstoffschichten (a-C) und insbesondere die wasserstoffhaltigen Kohlenstoffschichten (a-C:H) werden auch als diamant-ähnliche DLC-Schichten („**D**iamond-**l**ike **C**arbon“) bezeichnet – sie werden im CVD-Prozess abgeschieden. In der Zerspanung werden Gleitschichten überwiegend im Verbund mit harten Verschleißschutzschichten eingesetzt (siehe **Kapitel 5.3.5**). Sie können im Gegensatz zu $MoS_2$ in einem Prozess gemeinsam abgeschieden werden.

**Weiche und harte Gleitschichten – Bezeichnung, Aufbau und Kennwerte von $MoS_2$, C-amorph, DLC und WC/C**

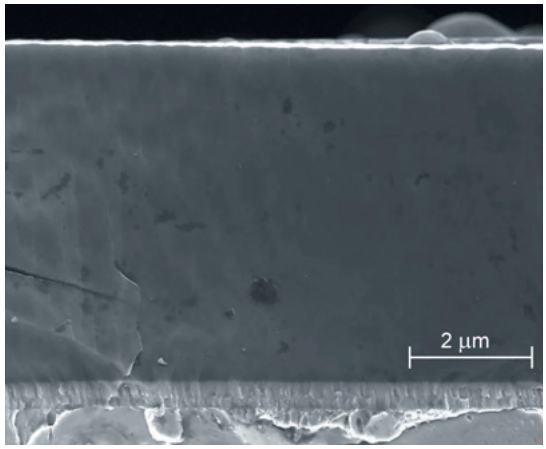
| Hersteller | Markenname | Schichtaufbau | Farbe | Kennwerte | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Microhärte HV0,05 | Reibwert | max. Einsatztemperatur in °C |
| Balzers | **BALINIT C** | WC/C - lamellar | schwarz-grau | 1.100-2.000 | 0,15 | 300 |
| | **BALINIT TRITON** | DLC - einlagig | schwarz-grau | 2.500 | 0,15 | 350 |
| CemeCon | **plusC** | C-amorph - einlagig | grau | 800 | 0,1 | 400 |
| Eifeler | **MoST** | $MoS_2$ - einlagig | schwarz-grau | 500-1.000 | 0,1 | 400 |
| | **GRAPHIT-iC** | DLC - mehrlagig | schwarz | 1.500-3.000 | 0,1 | 550 |
| | **DIAMANTA** | C-amorph - einlagig | schwarz-grau | 6.000-8.000 | 0,15 | 550 |
| Platit | **MOVIC** | $MoS_2$ - einlagig | grün-grau | weich | 0,15 | 400 |
| | **CBS** | C-amorph - einlagig | grau | 2.000 | 0,15 | 400 |

**Balzers** gibt eindeutige Schwerpunkte für den Einsatz seiner beiden harten Gleitschichten vor:

- **BALINIT C** wird überwiegend zum Beschichten von Bauteilen des Maschinen- und Fahrzeugbaus (Diesel-Einspritztechnik), sowie von Umform- und Stanzwerkzeugen empfohlen – in der Zerspanung nur im Verbund mit anderen Schichten.

- **BALINIT TRITON** hingegen bewährt sich als Plasma-CVD-Einzelschicht (mit PVD-Haftschicht auf Cr-Basis) bei der Bohr- und Fräsbearbeitung von weichen Al-Legierungen (geringe Adhäsionsneigung), Nichteisenmetallen und bestimmten Verbundwerkstoffen. Üblicherweise werden diese harten Gleitschichten, die häufig auch die Trockenbearbeitung ermöglichen, in einer Dicke von 2 µm (im Bild 10 µm) abgeschieden.

**REM-Aufnahme einer einlagigen DLC-Schicht mit Haftvermittler (BALINIT TRITON – Fa. Balzers):**




**CemeCon** setzt seine amorphe Kohlenstoffschicht **plusC** als Festschmierstoff-Decklage vornehmlich auf TiAlN-Verschleißschutzschichten ein. Bei einer Gesamtdicke von z.B. 3,5 µm würde die Kohlenstoff-Decklage eine Dicke von etwa 0,5 µm aufweisen.

**Eifeler** bietet sowohl eine weiche, als auch eine harte Gleitschicht an:

- **MoST** wird verstärkt beim Umformen von VA-Stahl, insbesondere in Form einer Doppelbeschichtung eingesetzt. In Verbindung mit einer Hartstoffschicht – mit und ohne Minimalmengenschmierung – werden auch Erfolge beim Gewindeschneiden und anderen Bearbeitungsverfahren erzielt.

- **GRAPHIT-iC** ist als amorphe DLC-Mehrlagenschicht prädestiniert für die Beschichtung von Präzisionsbauteilen, Umform- und Schneidwerkzeugen. Für Bohr-, Fräs- und Gewindewerkzeuge werden Vorteile bei der Bearbeitung von Al-Legierungen und Kunststoffen genannt. Die Schichten werden bei 180 °C bzw. knapp 300 °C abgeschieden und sind somit auch für HSS-Werkzeuge geeignet.

- **DIAMANTA** hat mit etwa 80% einen ca. vierfach höheren Diamantanteil ($Sp^3$-Atombindung) als **GRAPHIT-iC** und ist dadurch wesentlich härter. Die maximale Schichtdicke ist kleiner als 2 µm, was für die Präzisionsbearbeitung von Vorteil ist.

**Platit** hat ein ähnliches Programm zu bieten:

- **MOVIC** wird bei 150 °C abgeschieden und vornehmlich für Bauteile und Umformwerkzeuge empfohlen.

- **CBC** („**C**arbon-**b**ased **C**oating“) ist als amorphe Kohlenstoffschicht (mit Gradient) überwiegend für die Abscheidung (auch im selben Prozess) auf andere Hartstoffschichten gedacht, wobei der Schwerpunkt bei Zerspanungswerkzeugen liegt.

## 5.3.5 Hartstoffschichten mit Gleit-Deckschicht

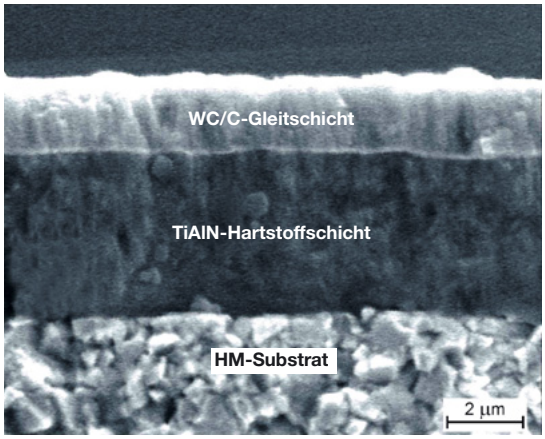
Wie bereits mehrfach betont, können Gleitschichten häufig erst als Deckschicht von harten Verschleißschutzschichten ihre volle Wirkung entfalten. Vor allem weiche Gleitschichten werden nach relativ kurzer Einsatzzeit durch die abfließenden Späne abgetragen; trotzdem bleiben geringe Reibung und Adhäsionsneigung noch über einen längeren Zeitraum erhalten. Obwohl der Wirkmechanismus nur unzureichend erforscht ist, vermutet man, dass sowohl ein „Einlaufeffekt“ gegeben ist, als auch restliches „Schmiermittel“ in Vertiefungen (Mikrotaschen) noch nachwirken kann.

**Hartstoffschichten mit Gleit-Deckschicht – Bezeichnung, Aufbau und Kennwerte**

| Hersteller | Markenname | Schichtaufbau | Farbe | Kennwerte | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Microhärte HV0,05 | Reib-wert | max. Einsatz-temperatur in °C |
| Balzers | **BALINIT HARDLUBE** | TiAlN+WC/C - mehrlagig | dunkel-grau | 3.000/1.100 | 0,15 | 800 |
| CemeCon | **CCplusC** | TiAlN+C-amorph - mehrlag. | grau | 3.600/800 | 0,1 | 800 |
| Platit | **STARVIC** | TiCN+$MoS_2$ - zweilagig | grün-grau | 3.200 | 0,15 | 400 |
| | **GRADVIC** | TiAlCN+C-amorph - zweilagig nanostrukturiert | grau | 2.800 | 0,15 | 400 |
| | **CROMVIC** | CrN-C-amorph - zweilagig | grau | 2.000 | 0,15 | 400 |

**Balzers** hat mit **BALINIT HARDLUBE** eine Kombischicht im Programm, die beim Reiben, Bohren und Gewindebohren von Aluminium-Knetlegierungen, Titanlegierungen und Nichteisen-Metallen Verbesserungen bringt. Mit einer Dicke von 2 µm trägt die harte WC/C-Gleitschicht ein Drittel zur Gesamtdicke von 6 µm bei. Je nach Anwendungsfall werden aber auch dünnere, im Aufbau aber ähnliche Schichten angeboten.

**TiAlN-Hartstoffschicht mit Gleit-Deckschicht aus Metall-Kohlenstoff (BALINIT HARDLUBE – Balzers):**

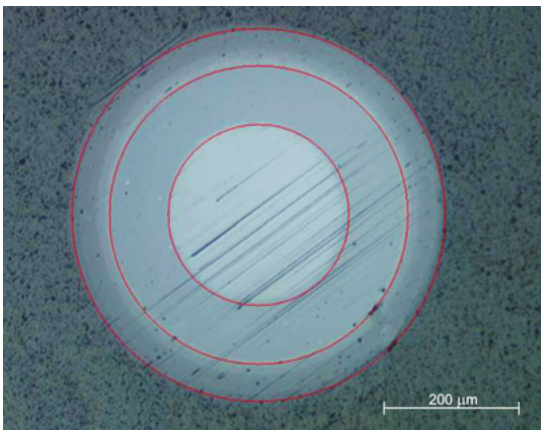



**CemeCon** weist für seine **CCplusC**-Schicht auf den reduzierten Anfangsverschleiß, den optimalen Spänefluss mit besserer Wärmeabfuhr und die generelle Eignung für die Trockenbearbeitung hin. Gegenüber Schichten mit $MoS_2$-Deckschicht wird die wesentlich höhere Temperaturbeständigkeit hervorgehoben. Ferner bilden sich im Einsatz keine abrasiven Oxide.

**Eifeler** versieht seine Hartstoffschichten wahlweise mit einer $MoS_2$-Gleitschicht, insbesondere für Anwendungsfälle in der Umformtechnik. Eigenständige Bezeichnungen werden für derartige Schichtsysteme nicht vergeben.

**Platit** empfiehlt die **STARVIC**-Schicht für die Umformtechnik und die Bearbeitung von Titan, Nickelbasislegierungen und rostbeständigen Stählen. Die nanogradierten Schichten **CROMVIC** und **GRADVIC** sind besonders für das Gewindeschneiden und teilweise auch für das Fräsen von Aluminiumlegierungen bzw. von Stählen und Superlegierungen wie Inconel vorgesehen. Erstere hat bei einer Gesamtdicke von 2,5 µm eine 1,2 µm dicke Deckschicht aus amorphem Kohlenstoff.

**CrN-Hartstoffschicht mit Gleit-Deckschicht aus amorphem Kohlenstoff (CROMVIC – Platit):**




## 5.3.6 Chromnitrid- und Titandiborid-Schichten (CrN und $TiB_2$)

Chromnitrid (CrN) und Titandiborid ($TiB_2$) sind Nischenprodukte für den Einsatz in Kupfer- bzw. in Aluminiumlegierungen. Für beide Schichten können DLC und Diamant sinnvolle Alternativen sein. CrN bildet relativ korrosionsbeständige, harte und gut haftende Schichten, die bei einer niedrigen Temperatur von ca. 200 °C auch in dicken Lagen abgeschieden werden können. Nicht zuletzt deshalb liegt ein Hauptanwendungsgebiet im Nichtzerspanungsbereich. Chromcarbid-Schichten sind am Markt praktisch nicht zu finden, auch wenn hin und wieder über Versuche mit „Precursorn“ (Ausgangschemikalien) aus Russland berichtet wird.

**Chromnitrid- und Titandiborid-Schichten – Bezeichnung, Aufbau und Kennwerte**

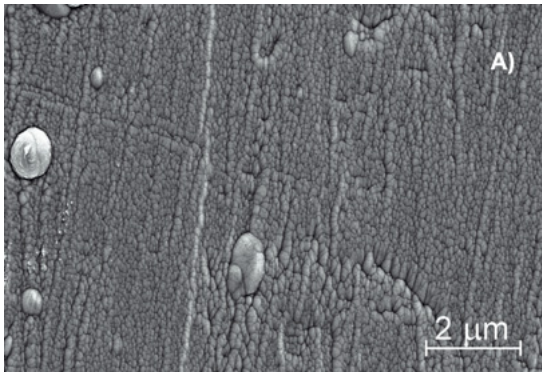
| Hersteller | Markenname | Schichtaufbau | Farbe | Kennwerte | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Microhärte HV0,05 | Reib-wert | max. Einsatz-temperatur in °C |
| Balzers | **BALINIT D** | CrN - einlagig | silber-grau | 1.750 | 0,5 | 700 |
| CemeCon | **CC ALUSPEED** | $TiB_2$ - einlagig | hell-grau | 4.000 | 0,25 | 700 |
| Eifeler | **CrN (ML)** | CrN - ein-(mehr)lagig | silber-grau | 2.000 | 0,25 | 600 |
| | **CrCN** | CrCN - mehrlagig | silber-grau | 2.000 | 0,25 | 600 |
| Platit | **CrN** | CrN - einlagig | silber-metall | 1.800 | 0,3 | 700 |

**Balzers** empfiehlt **BALINIT D** für die Beschichtung von Metalldruckguss- und Kunststoffspritzguss-Formen, aber auch von Dreh-, Bohr-, Fräs- und Gewindewerkzeugen aus HSS und Hartmetall für die Zerspanung von Kupfer.

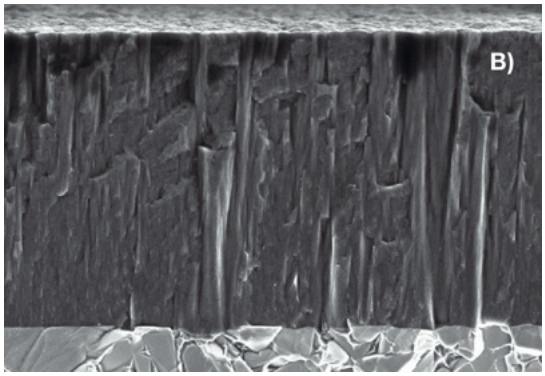
**CemeCon** entwickelte die **CC ALUSPEED**-Schicht für die Bearbeitung von Aluminiumlegierungen mit bis zu 7 % Si-Anteil (auch trocken) aus der Erkenntnis heraus, dass sich $TiB_2$ mit Aluminiumschmelzen nicht benetzen lässt (Auskleidung von Schmelztiegeln mit $TiB_2$-Material). Üblicherweise wird die Schicht in Dicken von 2 µm abgeschieden.

**Einlagige $TiB_2$-Schicht (ähnlich CC ALUSPEED – CemeCon):**

**A) Schichttopographie**

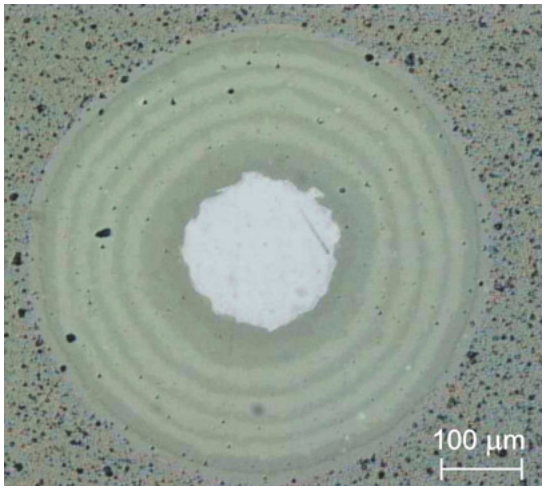



**B) Bruchstruktur der 6 µm dicken Schicht**




**Eifeler** sieht das Hauptanwendungsgebiet seiner CrN-Schicht neben der Zerspanung von Kupfer- und Titanlegierungen ebenfalls in der Umformtechnik und der Kunststoffverarbeitung. Bei letzterem gilt es, korrosivem und abrasivem Verschleiß (durch Füllstoffe) entgegenzuwirken. Eine mehrlagige Schichtvariante mit alternierenden Lagen aus CrN und Cr sorgt für besonders dichte und damit korrosionsbeständige Schichten, da die dünnen Cr-Zwischenlagen das stänglige Kristallwachstum der CrN-Schichten unterbricht.

**Mehrlagige CrN-Schicht mit drei dünnen Cr-Zwischenlagen (CrN ML - Eifeler):**




Auch **Platit** empfiehlt die CrN-Schicht im Wesentlichen für Gesenke, Matrizen und allgemeine Maschinenbauteile.

## 5.3.7 Diamantschichten

Die zunehmende Bedeutung von Graphit als Elektrodenwerkstoff (anstelle von Kupfer und Kupfer-Wolfram) für das Senkerodieren ließ den Wunsch nach neuartigen Beschichtungen aufkommen. Das vornehmlich durch Fräsen zu bearbeitende Graphit ist außerordentlich abrasiv, was den Einsatz von Diamantschichten – als Verschleißschutz mit höchstmöglicher Härte – naheliegend erscheinen lässt.

Obwohl im CVD-Prozess abgeschieden, erwies sich die Sicherstellung einer ausreichenden Schichthaftung als Hauptproblem heraus. Auf Grund der hohen Prozesstemperaturen kommt allein das Substrat Hartmetall in Betracht.

Auf Erfahrungswerten basierend wurden folgende Eingrenzungen für das Hartmetall festgelegt:

- Der Kobaltanteil (Co) der WC-Hartmetalle (ISO-Anwendungsgruppe K) soll 6 % oder kleiner sein.
- Die Co-Bindephase soll kein Chrom, Vanadium, Nickel, Eisen (Cr, V, Ni, Fe) enthalten.
- Der Mischkarbidanteil (WC mit VC, TiC usw.) soll so gering wie möglich sein, d.h. deutlich unter 1 % liegen.
- Es sollen nur Hartmetalle mit mittlerer Korngröße (min. 1 bis 2 µm) beschichtet werden.

Auch wenn diese Beschränkungen größtenteils noch Gültigkeit haben, so sind in jüngster Zeit doch große Fortschritte erkennbar. So wurden u.a. verschiedene Ätzprozesse zum Entfernen des Oberflächenkobalts entwickelt, die eine gute mechanische Verklammerung der Diamantschicht an den teilweise freigelegten Karbiden ermöglicht. Die Auswahl des geeigneten Prozesses geschieht nach Anwendungsfall, Werkzeugdurchmesser und Hartmetall-Substrat. Es werden vereinzelt auch Feinstkornhartmetalle (Korngröße ca. 0,4 µm) mit Co-Gehalten bis etwa 10 % beschichtet.
Nach dem Ätzen müssen die Substrate mit kleinen Diamantkristallen „bekeimt“ werden, bevor sie in die Vakuumkammer der Beschichtungsanlage gelangen. Die Fa. CemeCon bietet für ihre CC 800 DIA-Anlagen mit dem sogenannten u.s.e.- („**u**niform **s**pace **e**xcitation“) Prozess – als weiterentwickeltes „Hot-Filament“-Verfahren – ein Modul für die Diamantbeschichtung an. Damit sollen Morphologie, Größe und Wachstumsorientierung der Kristalle kontrolliert und eine besonders gute Schichthaftung erreicht werden können.

Man unterscheidet zwischen Diamantschichten mit rauer, kristalliner Struktur (1 bis 5 µm große Kristallite) und solchen mit glatter, nanokristalliner Struktur (20 nm bis 0,1 µm große Kristallite). Für die Bearbeitung von Graphit haben sich raue, für die von Aluminiumlegierungen mit höherem Silizium (Si)-Gehalt glatte Diamantschichten bewährt.
Das Schruppfräsen von Aluminiumgusslegierungen mit z.B. 17 % Si-Anteil ist möglich, solange die Diamant-Schichtdicke ca. 20 µm beträgt: Neben ausreichendem „Verschleißvolumen“ ist bei entsprechender Schneidkantenverrundung eine gute Schichthaftung gegeben. Statt Freiflächen- und Kolkverschleiß weisen diamantbeschichtete Werkzeuge nach längerem Einsatz Schichtabplatzungen auf.
Für die Schlichtbearbeitung und für kleine Werkzeuge mit (wegen der erforderlichen Schneidenschärfe) wesentlich kleineren Schichtdicken liegen hinsichtlich der Schichthaftung noch keine zufriedenstellenden Lösungen vor, so dass zumindest einstweilen auf DLC-Schichten zurückgegriffen werden muss.

Als weiterer Hersteller, der sich vornehmlich mit relativ dünnen, nanokristallinen Diamantschichten intensiv befasst, sei die Fa. **ρ-Best** in Steinach/Österreich erwähnt, deren Schichten vor allem in der Bearbeitung von Graphit und Kunststoffen eingesetzt werden.

Im Vergleich zum polykristallinen Diamant (PKD), wo einzelne, ebene Schneidplättchen auf ein Trägerwerkzeug hart aufgelötet werden, bietet die Diamantschicht den Vorteil, dass sich komplexe (z.B. gewendelte) Werkzeuggeometrien beschichten lassen. Des weiteren sind CVD-Diamantschichten bindemittelfrei und damit – wie auch aufzulötende CVD-Dickfilmdiamantplättchen – härter als PKD. Es sei noch erwähnt, dass z.B. **Sandvik**/Schweden auch Hartmetallstäbe mit längs einer Wendel eingesintertem PKD (und cBN) anbietet.
Für alle Diamantstoffe gilt die große Affinität des Kohlenstoffs zum Eisen. Eine Umwandlung („Verbrennen“) des Diamants beginnt bereits bei ca. 600 °C. Allerdings kann Diamant – ausreichende Kühlung und niedrige Schnittgeschwindigkeit vorausgesetzt – auch in Fe-Werkstoffen eingesetzt werden. Als Beispiel hierfür sei das Hohnen von Zylinderlaufbüchsen aus Gusseisen angeführt.

**CVD-Diamantschichten – Bezeichnung, Aufbau und Kennwerte**

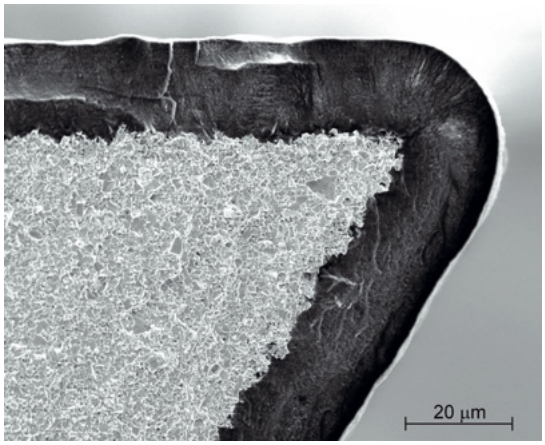
| Hersteller | Markenname | Schichtaufbau | Farbe | Kennwerte | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Microhärte HV0,05 | Reib-wert | max. Einsatz-temperatur in °C |
| **Balzers** | **BALINIT DIAMOND** | Kristallin - einlagig | hell-grau | 8.000-10.000 | 0,15 | 600 |
| **CemeCon** | **CC DIA . .** | Kristallin - einlagig | grau | 10.000 | … | 600 |
| | **CC DIA . . S** | Glatt - einlagig | grau | 10.000 | … | 600 |
| | **CC DIA-TIGER** | Glatt/Kristallin mehrlagig | grau | 10.000 | … | 600 |

# Verschleißschutz- u. Gleitschichten

**Balzers** empfiehlt die **BALINIT DIAMOND**-Schicht für die Bearbeitung von Graphit, Kupfer und Faserverbundwerkstoffen.

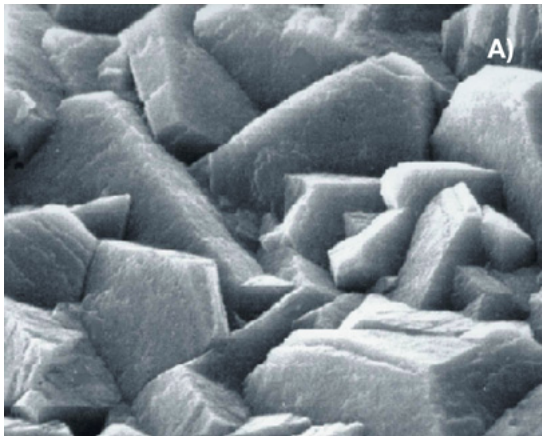
**CemeCon** verweist mit der glatten **CC DIA-08S** bis **CC DIA-20S** (die Zahl gibt die Schichtdicke an) auf erfolgreiche Anwendungen in sehr abrasiven, hochsiliziumhaltigen Aluminiumlegierungen und in faserverstärkten Leichtmetalllegierungen (MMC: **M**etal-**M**atrix-**C**omposites). Es ist zu beachten, dass die scharfe Schneide des Substrats durch die Schichtdicke von 18 µm abgestumpft wird und sich der Schneidkantenradius von 2 µm auf 20 µm vergrößert. Schichtbezeichnungen ohne „S“ weisen auf den raueren kristallinen Schichtaufbau hin, der für die Bearbeitung von Graphit bevorzugt wird.
Die aus mehreren glatten und rauen Lagen bestehende **CC DIA-TIGER**-Schicht besitzt, bei prinzipiell gleichem Anwendungsgebiet, eine höhere Zähigkeit.

**Bruchfläche einer Schneidkante mit nanokristalliner Einlagen-Diamantschicht (CC DIA-18S – CemeCon):**

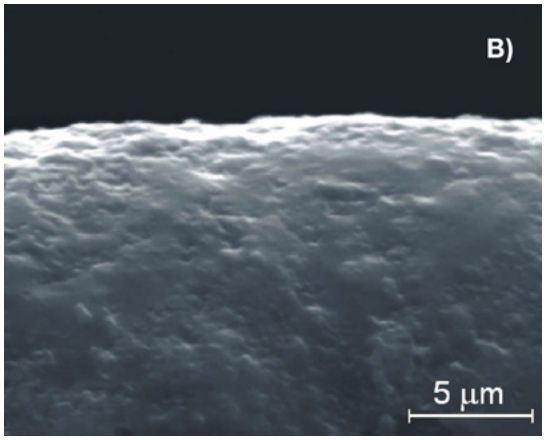



**Raue und glatte Diamantschichten (CC DIA und CC DIA S – CemeCon):**

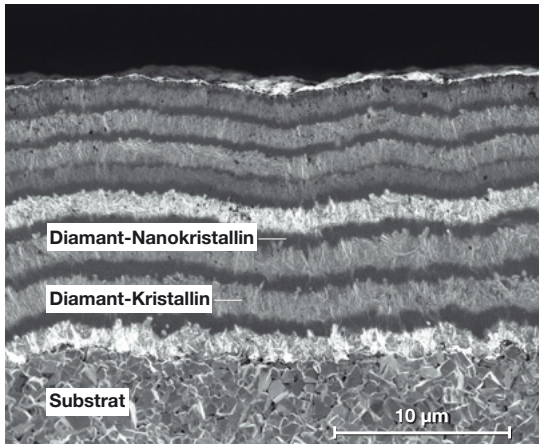
**A) Kristalline Struktur mit 1 bis 5 µm großen Kristallen**




**B) Nanokristalline Struktur mit 0,2 µm großen Kristallen**



**Bruchfläche einer Mehrlagen-Diamantschicht (ähnlich CC DIA-TIGER – CemeCon):**



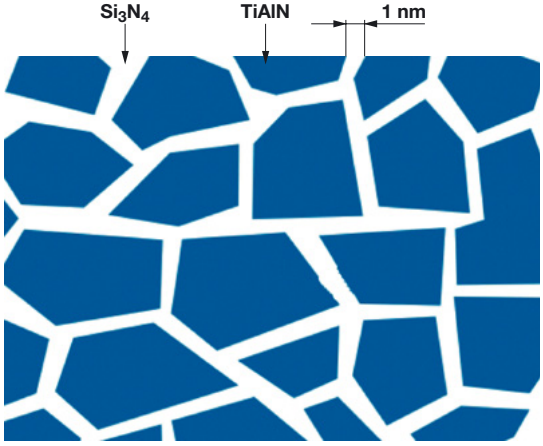

## 5.3.8 Ausblick

Mit der Einführung von TiAlN konnte gegenüber TiCN und TiN die Oxidationsbeständigkeit und damit die maximale Einsatztemperatur der Schichten deutlich erhöht werden. Der bei hohen Einsatztemperaturen auftretenden Korngrenzenoxidation wird bei einigen TiAlN-Schichten mit kleinen Bestandteilen an Yttrium, Hafnium und dgl. entgegengewirkt. Eine weitere Anhebung der Warmhärte (um ca. 10 bis 15 %) und der chemischen Beständigkeit durch einen höheren AlN-Anteil (über 65 mol %) erwies sich als problematisch. Der Verlust an Schicht-Leitfähigkeit führte bei PVD-Anlagen mit Gleichspannungs-Plasma zur Prozessunterbrechung.

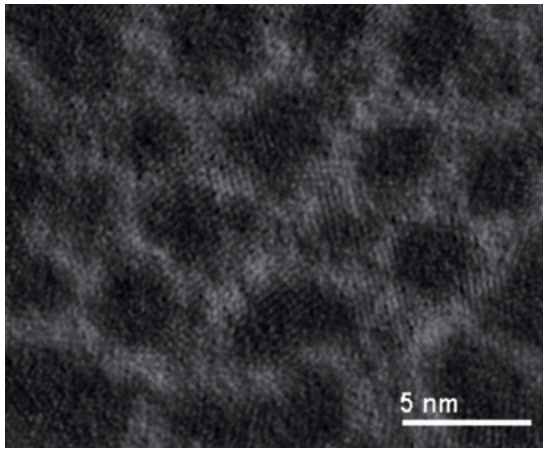
Die Entwicklung des H.I.P. (**H**igh **I**onization **P**ulsing)-Prozesses mit sehr dichtem Plasma ermöglichte der Fa. **CemeCon**, sowohl leitende als auch nicht leitende Schichten und „Nanocomposites“ in einem breiten stöchiometrischen Bereich (bis zu 80 % Aluminiumnitrid-Anteil) abzuscheiden. Diese auch als „Supernitride“ bezeichneten Schichten sind für die Trocken- und Hochgeschwindigkeitsbearbeitung prädestiniert und stehen erst am Anfang ihrer Entwicklung.

Durch das gleichzeitige Abscheiden von sehr unterschiedlichen Materialien – Metalle wie Titan und Aluminium, sowie von Halbmetallen wie Silizium – können Zwei-Phasen-Schichten mit Nanocomposite-Struktur abgeschieden werden. Das auf diesem Gebiet enorme Entwicklungspotential scheint auch die Einführung (Anfang 2003) einer Nanocomposite-Schicht von **Hitachi**/Japan zu bestätigen. Bei der „**TH**“ genannten PVD-Schicht setzt (im Vergleich zu einer TiAlN-Schicht) die Oxidation bei ca. 1.100 °C und damit um über 20 % später ein, ferner ist die Härte um ca. 25 % höher.

**Modelldarstellung (S. Veprek / TU-München):**




**TEM-Aufnahme (EPF-Lausanne/CH) einer einlagigen Nanocomposite-Schicht (Platit):**



Weitere große Fortschritte sind auch bei den Gleitschichten auf Kohlenstoffbasis zu erwarten, die als Einzel- oder Deckschicht zum Einsatz gelangen. Auch hier ist die Trockenbearbeitung die treibende Kraft.
Bei den kristallinen und nanokristallinen Diamantschichten wurde ein hoher Entwicklungsstand bei dickeren Ein- und Mehrlagenschichten erreicht. Es ist auch damit zu rechnen, dass dünnere Diamantschichten und auch DLC-Schichten mit hohem $Sp^3$-Anteil mit guter Haftung in absehbarer Zeit verfügbar sein werden.
Die hohen Druck-Eigenspannungen erlaubten bislang das Abscheiden von cBN-Schichten mit nur wenigen nm Dicke. Neuerdings werden Schichtsysteme bestehend aus einer sehr dünnen Titan-Haftschicht, einer 2,5 µm dicken Borkarbid-Zwischenschicht und einer 0,5 µm dicken Deckschicht aus kubischem Bornitrid (cBN) vorgestellt (Fraunhofer Institut/Braunschweig). Die Erprobung (Fraunhofer Institut/Berlin) bei Drehversuchen mit Wendeschneidplatten in Stahl zeigt vielversprechende Ansätze, auch wenn noch Probleme mit dem Haftvermittler erkennbar sind. Eine schnelle Marktreife ist aber eher nicht zu erwarten.

Allgemein kann davon ausgegangen werden, dass die mittlerweile beherrschten Techniken zur Erzeugung von glatten Schichten, von Schichten mit Härtegradienten und von nanostrukturierten Mehrlagenschichten, wo sinnvoll, konsequent auf die angebotenen Schichten angewendet werden. Es wird aber auch größeres Augenmerk auf Eigenspannungen von Substraten und Schichten, der Textur der Schichten (z.B. Beeinflussung der Wärmeleitfähigkeit) und auf Vor- und Nachbehandlungsoperationen zur Kantenverrundung und Glättung gelegt werden.

## 5.4 Allgemeine Anwendungshinweise

Eine anwendungsbezogene Zuordnung der Schichten ist ähnlich schwierig wie die der Hartmetalle. So ist z.B. ein nach ISO-Klassifizierung als K20 eingestuftes Hartmetall des einen Herstellers keineswegs mit dem eines anderen Herstellers identisch. Analog verhält sich eine TiAlN-Schicht von einem Lieferanten im Einsatz anders als jene von einem anderen Lieferanten. Mit der Festlegung des zu verwendenden Bearbeitungsverfahrens, sowie des zu bearbeitenden Werkstoffs und unter Berücksichtigung verschiedener technologischer Randbedingungen (Nass-, Trockenbearbeitung u.ä.), wird ein Anwendungsfall beschrieben und konkretisiert. Allerdings entscheiden eine Reihe von weiteren Faktoren mit darüber, ob die Anwendung einer bestimmten Schicht unter diesen Bedingungen erfolgreich sein wird. Hier sind zu nennen: die Schichtdicke, der Schichtaufbau (einlagig, mehrlagig oder mehrphasig), die Schichtstruktur (kristallin oder nanokristallin), die Textur (Kristall-Vorzugsorientierung), die Anteile einzelner chemischer Elemente (Härte, Reibungsbeiwert), das Schicht-Abscheidungsverfahren und vieles mehr.

So kann eine herstellerunabhängige Schichtgrundtypen-Tabelle nur als erste grobe Hilfestellung für eine anwendungsbezogene Schichtauswahl verstanden werden (siehe nachstehende Tabelle). Die Tabellenangaben beruhen auf eigenen Erfahrungen und vor allem auf solchen von Lohnbeschichtern. Im konkreten Fall sollten unbedingt die technischen Unterlagen der Werkzeug- bzw. der Beschichtungshersteller herangezogen werden. Allerdings gibt es große Unterschiede in Aktualität, Aussagekraft und Qualität der Dokumentationen. Neben einfachsten Beschreibungen mit begrenztem Inhalt werden komfortable DV-gestützte Lösungen wie der „**Balzers** Coating Guide" angeboten.

# Verschleißschutz- u. Gleitschichten

**Allgemeine, herstellerunabhängige Übersicht von geeigneten Schichtsystemen für die Fräs-, Bohr- und Gewindetechnik**

| | Fräsen | | Bohren | Gewinden | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Schneiden | Furchen | Fräsen |
| | HSS | HM | HM [1] | HSS | HSS | HM |
| **Stahlwerkstoffe** | | | | | | |
| Allgemeine Baustähle | TC/TAM | TAM | TAM | TN/TC | TN/TC | TAM |
| Einsatzstähle, Kaltarbeitsstähle | TC/TAM | TAM | TAM | TN/TAG | TN/TAG | TAM |
| Vergütungsstähle, Warmarbeitsstähle | TC/TAM | TAM/TAE | TAM/TAE | TC/TAG | TC/TAG | TAM/TAE |
| Gehärtete Stähle ≤ 60 HRC | – | TAE | TAE/TAG | – | – | TAE |
| Rostbeständige Stähle | TAM | TAM | TAM | TAM/TAG | TAM/TAG | TAM |
| **Gusswerkstoffe** | | | | | | |
| Gusseisen | TAM | TAM | TAM | TC/TAM | TC/TAM | TAM |
| Gusseisen mit Kugelgraphit | TAM | TAM/TAE | TAM/TAE | TAM/TAG | TAG/TAM | TAM/TAE |
| Gusseisen mit Vermikulargraphit | TAM | TAE | TAE | TAM/TAG | TAG/TAM | TAE |
| Temperguss, Hartguss | – | TAE | TAE/TAG | – | TAE | TAE |
| **Kupfer, Bronze, Messing** | | | | | | |
| Reinkupfer | CN/DC | CN/DC/D | CN/D | CN/DC | TAG/DC | CN/TAG/DC/D |
| Messing (langspanend) | TAM/TAG/DC | TAM/TAG/DC | TAM/TAG/DC | TC/TAM/DC | TAG/DC | TAM/TAG/DC |
| Bronze (kurzspanend) | TAM/TAG/DC | TAM/TAG/DC | TAM/TAG | TC/TAM/DC | – | TAM/TAG/DC |
| **Nickel-/ Kobalt-Legierungen** | | | | | | |
| Ni/Co-Legierungen warmfest | TAE | TAE | TAE/TAM | TC/TAM | – | TAE |
| Ni/Co-Legierungen hochwarmfest | TAE | TAE | TAE/TAM | TC/TAM | – | TAE |
| **Aluminiumlegierungen** | | | | | | |
| Al-Knetlegierungen | G/TAG/DC | TB/TAG/DC/G | TAG/DC/G | G/TC | TAG/DC | TB/TAG/DC |
| Al-Gusslegierungen ≤ 12% Si | TAG/DC | TB/TAG/DC | TAG/DC/D | TC/DC | TAG/DC | TB/TAG/DC |
| Al-Gusslegierungen > 12% Si | TAG | TAG/D | TAG/D | TC/DC | TAG | TAG/D |
| **Magnesiumlegierungen** | | | | | | |
| Mg-Gusslegierungen | G/TAG/DC | TB/TAG/DC/G | TAG/DC/G | G/TC | TAG/DC | TB/TAG/DC |
| **Titan, Titanlegierungen** | | | | | | |
| Titan, Titanlegierungen | TAG | TAE | TAE | G/TAG | TAG | TAE |
| **Kunststoffe** | | | | | | |
| Duroplaste, Thermoplaste | TC/TAM | TAM/D | TAM/D | TAM/CN | – | TAM/D |
| Faserverstärkte Kunststoffe | – | TAE/D | TAE/D | TAE/TAM | – | TAM/D |
| **Werkstoffe für bes. Anwendungen** | | | | | | |
| Graphit | – | D | D | TAE | – | D |
| Wolfram-Kupfer-Legierungen | TC/TAM | TAM/D | TAM/D | TAM | – | TAM/D |

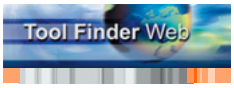
1) Tiefe Bohrungen mit Gleitschicht G

| Legende | | | |
|---|---|---|---|
| TN | TiN | CN | CrN |
| TC | TiCN | TB | $TiB_2$ |
| TAE | TiAlN (einlagig) | D | CVD-Diamant |
| TAM | TiAlN (mehrlagig) | DC | DLC |
| TAG | TiAlN + Gleitschicht | G | Gleitschichten ($MoS_2$, WC/C) |

# Verschleißschutz- u. Gleitschichten

➤ siehe auch:




www.emuge-franken.com

**Spezifische Schichten von EMUGE-FRANKEN für die Fräs-, Bohr- und Gewindetechnik**

| | | Fräsen | | Bohren |
|---|---|---|---|---|
| | | HSS-E | Hartmetall | Hartmetall |
| **Stahlwerkstoffe** | | | | |
| Kaltfließpressstähle, Magnetweicheisen | ≤ 400 N/mm² | 9 / 13 | 8 / 10 / 12 | 1 / 2 |
| Automatenstähle, Allgemeine Baustähle | ≤ 600 N/mm² | 9 / 13 | 8 / 10 / 12 | 1 / 2 |
| Automatenstähle, Baustähle, Legierte Stähle, Stahlguss | ≤ 850 N/mm² | 9 / 13 | 8 / 10 / 12 | 1 / 2 |
| Einsatzstähle, Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Kaltarbeitsstähle | ≤ 1.100 N/mm² | 9 / 13 | 10 / 12 | 1 / 2 |
| Kaltarbeitsstähle, Vergütungsstähle, Nitrierstähle,Warmarbeitsstähle, Gehärtete Stähle | ≤ 1400 N/mm² bis 44 HRC | 9 / 13 | 10 / 11 | 1 / 2 / 5 |
| Gehärtete Stähle | > 44 - 55 HRC | – | 11 / 12 | 5 |
| Gehärtete Stähle | > 55 - 60 HRC | – | 11 / 12 | 5 |
| Gehärtete Stähle | > 60 - 63 HRC | – | 11 / 12 | 5 |
| Gehärtete Stähle | > 63 - 66 HRC | – | 11 / 12 | 5 |
| Rost-, Säurebeständige Stähle, Hitzebeständige Stähle | ≤ 850 N/mm² | 9 / 13 | 10 / 12 | 1 / 2 |
| Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1.100 N/mm² | 9 / 13 | 10 / 12 | 1 / 2 |
| Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1.400 N/mm² | 9 / 13 | 10 / 12 | 1 / 2 |
| Stahl-Sonderwerkstoffe | | 9 / 13 | 10 / 12 | 1 / 2 |
| **Gusswerkstoffe** | | | | |
| Gusseisen | | 9 / 13 | 8 / 10 / 12 | 1 / 2 |
| Gusseisen mit Kugelgraphit | | 9 / 13 | 10 / 12 | 1 / 2 |
| Gusseisen mit Vermikulargraphit | | 9 / 13 | 10 / 12 | 1 / 2 |
| Temperguss | | 9 / 13 | 8 / 10 / 12 | 1 / 2 |
| Hartguss | bis 400 HB | 9 / 13 | 10 / 12 | 5 |
| **Kupfer, Bronze, Messing** | | | | |
| Reinkupfer und niedrigleg. Kupfer | ≤ 500 N/mm² | 9 / 13 | 10 | – |
| Messing (langspanend) | | 9 / 13 | 10 | – |
| Messing (kurzspanend) | | 9 / 13 | 10 | – |
| Kupfer-Aluminium-Legierungen (langspanend) Bronze (langspanend) | | 9 / 13 | 10 | – |
| Bronze (kurzspanend) | | 9 / 13 | 10 | – |
| Kupfer-Sonderlegierungen bis Q18 | | 9 / 13 | 10 | – |
| Kupfer-Sonderlegierungen über Q18 | | 9 / 13 | 10 | – |
| **Nickel-/ Kobalt-Legierungen** | | | | |
| Nickel-/ Kobalt-Leg. warmfest | ≤ 850 N/mm² | 9 / 13 | 10 / 12 | – |
| Nickel-/ Kobalt-Leg. hochwarmfest | 850-1400 N/mm² | 9 / 13 | 10 / 12 | – |
| Nickel-/ Kobalt-Leg. hochwarmfest | >1400 N/mm² | – | 10 / 12 | – |
| **Aluminiumlegierungen** | | | | |
| Alu-Knetlegierungen | | 9 | 10 / 14 / 16 | – |
| Alu-Gusslegierungen Si ≤ 5% | | 9 | 10 / 14 / 16 | – |
| Alu-Gusslegierungen 5% < Si ≤ 12% | | 9 | 10 / 14 / 16 / 17 | – |
| Alu-Gusslegierungen 12% < Si | | – | 17 / 16 | – |
| **Magnesiumlegierungen** | | | | |
| Magnesium-Knetlegierungen | | 9 | 10 / 14 | – |
| Magnesium-Gusslegierungen | | 9 | 10 / 14 | – |
| **Titan, Titanlegierungen** | | | | |
| Reintitan, Titanlegierungen | ≤ 900 N/mm² | 9 / 13 | 10 / 12 | – |
| Titanlegierungen | 900-1250 N/mm² | 9 / 13 | 10 / 12 | – |
| **Kunststoffe** | | | | |
| Duroplaste (kurzspanend) | | 9 | 10 / 12 | – |
| Thermoplaste (langspanend) | | 9 | 10 / 12 | – |
| Faserverstärkte Kunststoffe | | 9 | 10 / 16 / 17 | – |
| **Werkstoffe für bes. Anwendungen** | | | | |
| Graphit | | 13 | 10 / 12 / 15 | – |
| Wolfram-Kupfer-Legierungen | | 9 / 13 | 10 / 12 | – |

In dieser Tabelle sind EMUGE-FRANKEN-spezifische Schichten für die Fräs-, Bohr- und Gewindetechnik wiedergegeben. Auch hier sei auf das in relativ kurzen Abständen aktualisierte Katalogmaterial hingewiesen.

| Gewinden | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Schneiden | | Furchen | | Fräsen |
| HSS-E | Hartmetall | HSS-E | Hartmetall | Hartmetall |
| | | | | |
| 1 / 2 / 3 / 6 | – | 1 | – | 3 / 5 |
| 1 / 2 / 3 / 6 | – | 1 / 3 | – | 3 / 5 |
| 1 / 2 / 3 / 6 | – | 1 / 3 / 7 / 2 | – | 3 / 5 |
| 1 / 2 / 3 / 6 | – | 1 / 3 / 7 / 2 | * | 3 / 5 |
| 1 / 3 | * | 1 / 7 / 2 | * | 3 / 5 |
| – | 3 | – | – | 4 |
| – | 3 | – | – | 4 |
| – | 3 | – | – | 4 |
| – | – | – | – | 4 |
| 1 / 2 / 3 / 6 | – | 1 / 3 / 7 / 2 | – | 3 / 5 |
| 1 / 2 / 3 / 6 | – | 1 / 3 / 7 / 2 | * | 3 / 5 |
| 3 / 1 / 6 | – | 1 / 7 / 2 | * | 3 / 5 |
| 3 | – | – | – | 3 / 5 |
| | | | | |
| 3 / 1 / 5 | * | – | – | 3 / 5 |
| 3 / 5 / 1 / 2 | * | – | – | 3 / 5 |
| 3 / 5 / 1 / 2 | * | – | – | 3 / 5 |
| 3 / 5 / 1 / 2 | * | – | – | 3 / 5 |
| – | 3 | – | – | 3 / 5 |
| | | | | |
| 2 / 1 / 3 | – | 1 / 3 | – | 9 / 5 |
| 1 / 3 | – | 1 / 3 | – | 5 |
| 3 | * | – | – | 5 |
| 3 / 1 / 2 | – | 1 / 3 / 7 / 2 | – | 5 |
| 3 | * | – | – | 5 |
| 3 | * | – | – | 5 |
| 3 | * | – | – | 5 |
| | | | | |
| 1 / 3 | – | 1 / 3 / 7 / 2 | – | 3 |
| 3 | – | 1 / 7 / 2 | – | 3 |
| – | – | – | – | 3 |
| | | | | |
| 1 | – | 1 / 3 | – | 5 |
| 3 / 1 / 2 | * | 1 / 3 | * | 5 |
| 3 / 1 / 2 | * | 1 / 3 / 7 / 2 | * | 5 |
| 3 / 1 | * | – | – | 8 |
| | | | | |
| – | – | – | – | 5 |
| – | – | – | – | 5 |
| | | | | |
| 3 | – | 3 / 1 / 7 / 2 | – | 3 / 5 |
| 3 | – | 3 / 1 / 7 / 2 | – | 3 / 5 |
| | | | | |
| 3 | * | – | – | 5 |
| – | – | – | – | 5 |
| – | * | – | – | 8 |
| | | | | |
| – | – | – | – | 8 |
| – | – | – | – | 3 / 5 |

| Legende | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | TiN | 7 | GLT-7 | 13 | TiAlN-A25 |
| 2 | TiN-T1 | 8 | Diamant-T1 | 14 | $TiB_2$-B31 |
| 3 | TiCN | 9 | CrN | 15 | Diamant-D11 |
| 4 | TiAlN-T3 | 10 | TiAlN-A15 | 16 | Diamant-D33 |
| 5 | TiAlN-T4 | 11 | TiAlN-A21 | 17 | Diamant-D34 |
| 6 | GLT-1 | 12 | TiAlN-A51 | * | blank |

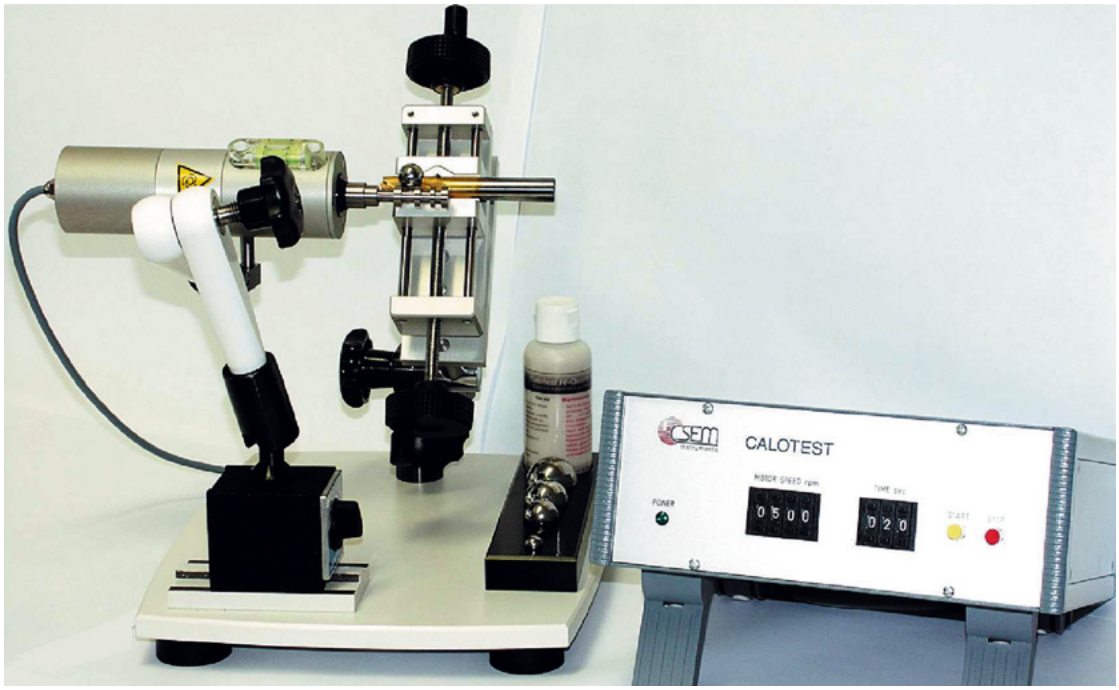
## 5.5 Messverfahren zur Bewertung von Schichten

Ein Hersteller und Entwickler von Schichtsystemen benötigt aufwendige und teure Messapparaturen, um einerseits die Qualität seiner Schichten bewerten und überwachen zu können und um andererseits die Vergleichbarkeit zu Produkten von Mitbewerbern zu ermöglichen. Letzteres ist natürlich auch von besonderem Interesse für den Abnehmer. Den interessiert zusätzlich, ob sich bestimmte zugesagte Schichteigenschaften schnell, zuverlässig und preiswert in seiner Wareneingangskontrolle überprüfen lassen (siehe VDI 3824). Dieser letzte Punkt ist maßgeblich für die nachfolgenden Erläuterungen.

### 5.5.1 Schichtdicke

Die Schichtdicke gibt das verfügbare Verschleißvolumen vor und hat somit einen wesentlichen Einfluss auf die Standzeit eines beschichteten Werkzeugs. Die Messung der Dicke kann nach dem mikroskopischen Verfahren an einem Querschliff erfolgen (siehe DIN EN ISO 1463 und DIN EN ISO 3882).
Gebräuchlicher ist bei Präzisionswerkzeugen der Kalottenschliff („Calotest“), bei dem eine angetriebene, mit einer Diamantsuspension benetzte Schleifkugel die zu bestimmende Schicht durchreibt (siehe DIN EN 1071). Über die so entstandene Kalotte kann die Schichtdicke mit einem Messmikroskop oder einer CCD-Kamera ermittelt werden.

**Kalottenschliffgerät – Gesamtansicht:**

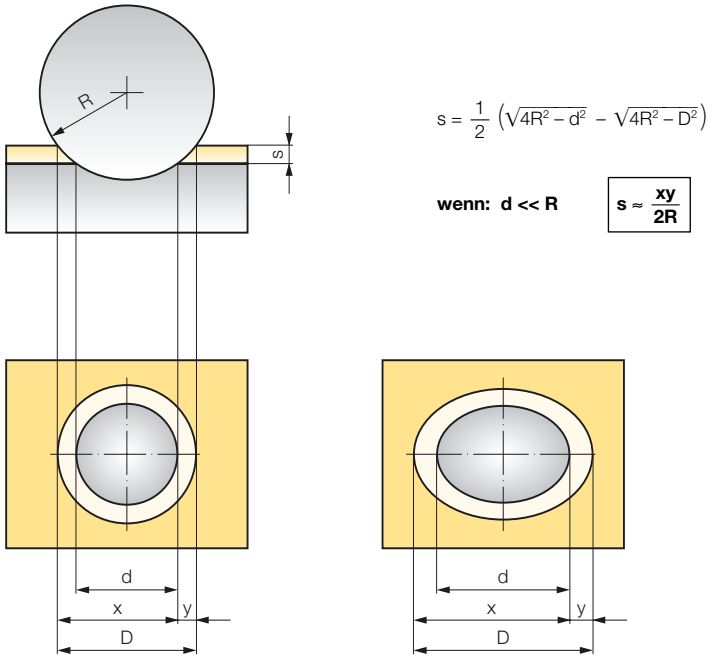



**Kalottenschliffgerät – Detailansicht:**



Der Kalottenschliff kann auf ebenen und gekrümmten Flächen durchgeführt werden, wodurch konzentrische Kreise oder konzentrische Ellipsen entstehen. Auch wenn dieses Verfahren als zerstörend gilt, so behindert eine kleine Kalotte im nichtschneidenden Bereich eines Werkzeugs keineswegs dessen Weiterverwendung. Für Diamantschichten mit ihrer hohen Härte ist dieses Verfahren allerdings nicht praktikabel.

**Kalottenabbild auf ebener und zylindrischer Fläche:**




$$s = \frac{1}{2}\left(\sqrt{4R^2 - d^2} - \sqrt{4R^2 - D^2}\right)$$

**wenn: d << R** $\quad s \approx \frac{xy}{2R}$

Je nach PVD-Beschichtungsverfahren ist der sogenannte „Antenneneffekt“ insbesondere bei langen Schaftwerkzeugen unterschiedlich stark ausgeprägt. Er führt dazu, dass die Schichtdicke von der Werkzeugstirn ausgehend bis hin zum abgedeckten Schaft stetig abnimmt (z.B. um 20 % pro 10 mm). Durch Abschattungen und die Lage der Werkzeuge zur Kathode wird die Schichtdicke an Frei- und Spanfläche sowie im Nutgrund unterschiedlich ausfallen. Um eine bestimmte Mindestschichtdicke im wirksamen Schneidenbereich sicherzustellen, sollte mit dem Beschichter ein geeigneter Messort mit entsprechender Schichtdicke vereinbart werden. Für Werkzeughersteller hat das Kalottenschliff-Messverfahren von allen Verfahren die größte Bedeutung für die schnelle Ermittlung der Schichtdicke und für eine erste Bewertung des Schichtaufbaus.

## 5.5.2 Schichthärte

Die Mikrohärtewerte der gängigen Hartstoffschichten werden üblicherweise in Vickers angegeben; dünnere und noch härtere Schichten werden in Knoop-Härtewerten gemessen.
Bei der Vickers-Härtemessung kommt eine gerade Diamantpyramide mit quadratischer Grundfläche und 136° Flächenöffnungswinkel zum Einsatz (siehe DIN EN ISO 6507). Die Prüfkraft soll so gewählt werden, dass die Eindrucktiefe 10 % der Schichtdicke nicht überschreitet. Auch wenn bei Härteangaben hin und wieder die Prüflastzahl fehlt, ist voraussichtlich der auf diesem Gebiet übliche HV0,05-Wert mit rund 0,5 N Prüfkraft und 10 bis 15 s Einwirkzeit gemeint. Zum Vergleich wird bei der Härtemessung von Hartmetall der HV30-Wert mit 300 N Prüfkraft verwendet. Vereinzelt werden Vickers-Härtewerte auch in GPa angegeben (z.B. 25 GPa oder 2.500 HV0,05).

Das Knoop-Messverfahren basiert auf einer regelmäßigen Pyramide mit rhombischer Grundfläche; ein Härtewert von 70 HK0,025/20 wurde z.B. bei einer Prüfkraft von rund 0,25 N und einer Einwirkdauer von 20 s gemessen (siehe DIN EN ISO 4516).
Für die Härtemessung nach Vickers wird eine Mindestschichtdicke von etwa 3 µm, wenn nach Knoop gemessen von 1,5 µm, empfohlen. Es ist davon auszugehen, dass in Zukunft auch Härtewerte in Universalhärte bzw. Martens-Härte angegeben werden (siehe DIN EN ISO 14577 und VDI 3824, Blatt 4).

### 5.5.3 Schichthaftung

Ganz entscheidend für die Qualität einer Schicht ist ihre Haftung auf dem Substrat. Eine unzureichende Schichthaftung kann die verschiedensten Ursachen haben, so u.a.:

- bei HSS-Substraten eine mangelhafte Vorreinigung (z.B. Rückstände von Härterei und von Strahlverfahren),
- bei Hartmetall-Substraten eine bereits angegriffene Oberfläche (z.B. Kobalt-„Leaching“ durch Schleifen mit nicht einwandfreier Emulsion und der Folge von ungebundenen Oberflächenkarbiden),
- zu hohe Schicht-Eigenspannungen (z.B. zu hohe Zugspannungen bei Diamantschichten, bzw. Druckspannungen bei cBN-Schichten oder generell durch falsche Wahl der Substratvorspannung).

PVD-Schichten bedürfen in diesem Punkt sicher einer höheren Aufmerksamkeit als CVD-Schichten.

Entsprechend der großen Bedeutung gibt es eine Vielzahl von zerstörenden Prüf- und Messmethoden zur Bestimmung der Schichthaftung. Keine dieser Methoden ist wirklich zufriedenstellend, was mit ein Grund für einfache, standardisierte, produktionsbegleitende Zerspanungstests bei Großbeschichtern ist.

Für HSS-Substrate mit einer Härte von 55 bis 70 HRC kann anhand von Vergleichsbildern (HF1 bis HF6 in VDI 3198) die Schichthaftung nach einem Rockwell C-Eindruck (120° Diamantkegel) qualitativ bewertet werden. Analog dazu wird bei Hartmetall-Substraten mit einer Prüflast von 600 N gemessen, bzw. es wird die Rissausbreitung an den vier Ecken eines Vickerseindrucks bewertet.

In einem weiteren Verfahren, dem „Scratch-Test“, wird mit einer Diamantspitze – bei konstanter Vorschubgeschwindigkeit und konstanter oder ansteigender Belastung – die Schichtoberfläche eingeritzt. Kraft- und Körperschall werden gemessen und zur Bewertung der Haftfestigkeit herangezogen.

Ein einfaches und praktikables Verfahren stellt der nicht genormte Strahltest dar, bei dem der Schichtabtrag durch abrasive Mittel (Abstand, Einstrahlwinkel, Luftdruck und Strahlmedium sind vorgegeben) ausgewertet wird. Im Vergleich und innerhalb eines Schichtsystems kann die Schichthaftung so qualitativ ausreichend beurteilt werden. Gravierende Fehler können oftmals anhand von Flecken durch eine einfache Sichtprüfung erkannt werden.

### 5.5.4 Weitere Mess- und Prüfverfahren

In der Entwicklungsphase von Schichtsystemen werden eine Vielzahl von zerstörungsfreien Analyse- und Messverfahren eingesetzt. Häufig vertreten sind:

- die Röntgenfluoreszens-Analyse (RFA bzw. im Englischen XRF) mit einer Eindringtiefe von ca. 30 µm,
- die Elektronenstrahlmikrosonde (EPMA),
- die Energiedispersive Röntgenmikroanalyse (EDX) mit einer Eindringtiefe von ca. 1µm, integriert in einem Rasterelektronenmikroskop (REM).

Mit den aufgeführten Verfahren kann die mittlere atomare Zusammensetzung einer Schicht in Abhängigkeit ihrer Eindringtiefe bestimmt und weitere Analysen vorgenommen werden.

Auch nach dem Beschichten kann mit der RFA-Analyse bei gewissen Einschränkungen eine Co-Verarmung an der Substratoberfläche festgestellt ($\eta$-Phase, schlechte Schichthaftung) und die Schichtdicke zerstörungsfrei gemessen werden (siehe DIN EN ISO 3497). Durch die große Eindringtiefe kann die Zusammensetzung des Substrats die Messergebnisse beeinflussen, was durch Kalibrierung mit Referenzproben aus vergleichbaren Schicht-/Substratsystemen teilweise kompensiert werden kann.

Des Weiteren wird zur Schichtdickenmessung das radioaktive $\beta$-Rückstrahlverfahren verwendet. Preiswerter und gut zu handhaben – und damit für eine Wareneingangskontrolle von Interesse – könnten magnetinduktive Verfahren (MIV) sein, sofern Referenzproben zur Kalibrierung verwendet werden. Auf Grund des Aufwandes werden Eigenspannungen und tribologische Kenngrößen zur Bestimmung von Verschleiß und Reibung nur von größeren Beschichtungsunternehmen gemessen.

## 5.6 Verfahrens- und Anlagentechnik

In **Kapitel 5.2** wurde bereits auf die beiden für die Werkzeugtechnik wichtigen Beschichtungsverfahren PVD und CVD, sowie deren wesentliche Unterschiede hingewiesen. Von den vielen ausgeführten Varianten an PVD- und CVD-Anlagen werden nachfolgend (schematisch und vereinfacht) einige gängige Versionen beschrieben.

### 5.6.1 PVD-Beschichtungsverfahren

Beim PVD-Verfahren wird der von der Quelle abzuscheidende Beschichtungswerkstoff durch einen physikalischen Prozess von der Festkörperphase in die Gasphase überführt. Für Präzisionswerkzeuge kommen überwiegend drei Varianten des Ionenplattierens („Ion Plating“) zum Einsatz. Die Prozesse werden unter Inertgas und meist mit einem Reaktivgas (z.B. Stickstoff und/oder Acetylen) geführt und arbeiten mit negativer Substratvorspannung. Die Varianten unterscheiden sich durch die Art der Metallverdampfung:

- Das Elektronenstrahl-Verdampfungsverfahren (Tiegel mit Metallschmelze / grosser Brennfleck).
- Das Lichtbogen- oder Arc-Verfahren mit stromstarker Niedervoltspannungsquelle (kleiner Brennfleck mit örtlich begrenzter Metallschmelze).
- Das Zerstäuben (Sputtern, Magnetronsputtern), von einer festen Phase ausgehend, durch Teilchenbeschuss (Stoßenergie von Metallatomen und Ionen).

Ein möglichst freier Teilchentransport von der Quelle zum Substrat wird durch eine Gasatmosphäre in einer Beschichtungskammer mit niedrigem Druck (kleiner $10^{-2}$ mbar bzw. 1 Pa) bis hin zum Hochvakuum (kleiner $10^{-5}$ mbar bzw. $10^{-3}$ Pa) erreicht.
Der durch die Anlagentechnik erzeugte gerichtete Teilchenfluss führt dazu, dass nur in Strömungsrichtung liegende Flächen bevorzugt beschichtet werden und – im Gegensatz zum CVD-Verfahren – abgewendete oder abgeschattete Flächen eine wesentlich dünnere Schicht aufweisen oder gar blank bleiben. Dies verteuert die PVD-Anlagentechnik, da die Substratträger meist aufwendige, planetenförmige Bewegungen ausführen müssen, damit sich gleichmäßig dicke Schichten am Substrat abscheiden können.

In einer modernen Beschichtungsanlage dauert ein vollständiger Zyklus in etwa zwischen drei und sechs Stunden und besteht vereinfacht aus folgenden Schritten:

- Chargieren der gereinigten Reaktionskammer mit den sorgfältig gereinigten, zu beschichtenden Werkzeugen (Substraten).
- Evakuierung der Kammer.
- Aufheizen der Kammer bzw. der Substrate z.B. durch Strahlungsheizung und Ionenbeschuss (positive Substratvorspannung).
- Reinigung der Substrate durch Argon-Ionen- oder Metall-Ionen-Ätzen (negative Substrat-Vorspannung) und Absaugung der Verunreinigungen.
- Verdampfung bzw. Zerstäubung und Ionisierung des Quellen- („Target-“) Materials (z.B. Titan) unter Zufuhr von Energie, eines Arbeitsgases (z.B. Argon) und eines Reaktivgases (Stickstoff zur Bildung von Nitriden, Kohlenwasserstoff für Karbide, Sauerstoff für Oxide). Transport der Teilchen (Ionen, Atome, Moleküle, Elektronen, Radikale) in einem ionisierten Gas (Plasma). Niederschlag und Kondensation der Teilchen auf dem Substrat, meist begünstigt durch eine negative Substratvorspannung.
- Abkühlung von Kammer und Substraten.
- Nach Druckausgleich Dechargierung der Gestelle mit Fertigprodukten.

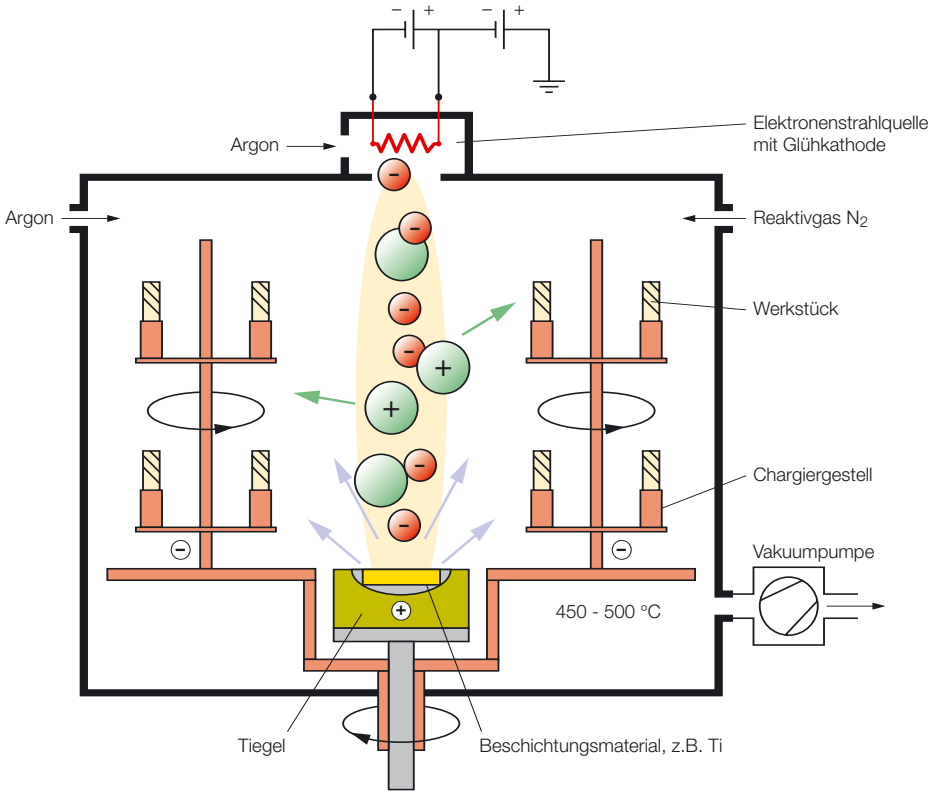
Trotz aller Vereinfachungen ist eine gewisse Komplexität erkennbar, die im Übrigen auch in der Vorstufe – dem Reinigen der Werkzeuge – zu finden ist. Nachdem Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe (FCKW) aus Umweltgründen verboten wurden, werden heutzutage mehrere hintereinander geschaltete alkalische und andere Bäder (zum Teil mit Ultraschall) eingesetzt. Als letztes folgen ein Bad mit demineralisiertem Wasser und eine Trocknung. Darüber hinaus müssen Stähle und demzufolge auch HSS-Werkzeuge frei von Härterückständen sein. Kühlkanäle und Lote müssen generell, also auch bei Hartmetall-Werkzeugen, vor dem Beschichten in gesonderten Öfen „ausgegast“ werden. Mit zusätzlichen Vorbehandlungsverfahren – wie dem Mikrostrahlen – kann die Schichthaftung deutlich verbessert werden.

# Verschleißschutz- u. Gleitschichten

Gegenüber dem einfachen Aufdampfen bietet der mit Ionisation arbeitende Prozess erhebliche Vorteile:

- Durch die größere Reaktionsfreudigkeit sind Schichtabscheidungen auch bei herabgesetzter Temperatur möglich.
- Der Prozessablauf ist stabiler, der Regelungs- und Steuerungsaufwand geringer.
- Qualität und Wirtschaftlichkeit wird durch die mögliche Beeinflussung der Ionenbahnen durch elektrische bzw. magnetische Felder verbessert.
- Mit Hilfe von Filtern können Spritzer (elektrisch neutral) von Ionen getrennt werden.
- Schichtaufbau und -eigenschaften lassen sich in weiten Grenzen durch Steuerung der Substratvorspannung verändern. Mit den hierdurch ermöglichten Variationen der Ionen-Aufprallenergie können z.B. Textur (bevorzugtes Kristallwachstum) oder die Höhe der Schicht-Eigenspannungen beeinflusst werden.
- Hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung unterliegen ein- und mehrphasige PVD-Schichten keinen nennenswerten Begrenzungen.

**Schematische Darstellung einer PVD-Beschichtungsanlage mit Elektronenstrahl-Verdampfer:**



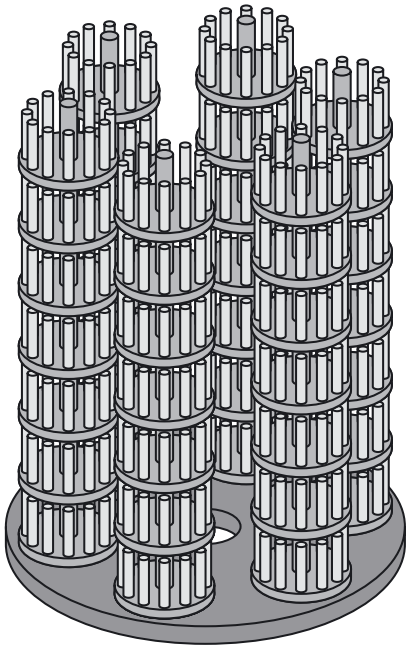

Die mit Hochspannung (1 bis 10 kV) betriebene Glühkathode emittiert einen fokussierten und beschleunigten Elektronenstrahl (ca. 200 A) auf das zu verdampfende Metall.

An dem horizontal angeordneten Tiegel aus Graphit, Keramik oder Kupfer (mit Wasserkühlung) – in dem sich eine zu verdampfende Scheibe, z.B aus reinem Titan, befindet – ist eine positive Spannung angelegt. Im Gegensatz dazu liegt an dem sich drehenden Chargiergestell mit den zu beschichtenden Werkzeugen eine negative Vorspannung (auch BIAS genannt) an. Die verdampften positiven Ionen reagieren mit dem Reaktivgas, z.B. Stickstoff ($N_2$), zu Titannitrid und kondensieren auf dem Substrat.

Die Beschichtungskammer (Rezipient) wird häufig aus dickwandigem, korrosionsbeständigem Stahl hergestellt und ist mit Heiz- und Kühlsystemen ausgestattet. Die Innenverkleidung aus Blech ist zum regelmäßigen Abstrahlen von Beschichtungsniederschlag herausnehmbar.

Der Aufbau eines Chargiergestells für Schaftwerkzeuge, die in senkrecht stehende Hülsen (Abschattungslänge) einzustecken sind, ist in nachfolgendem Bild wiedergegeben.

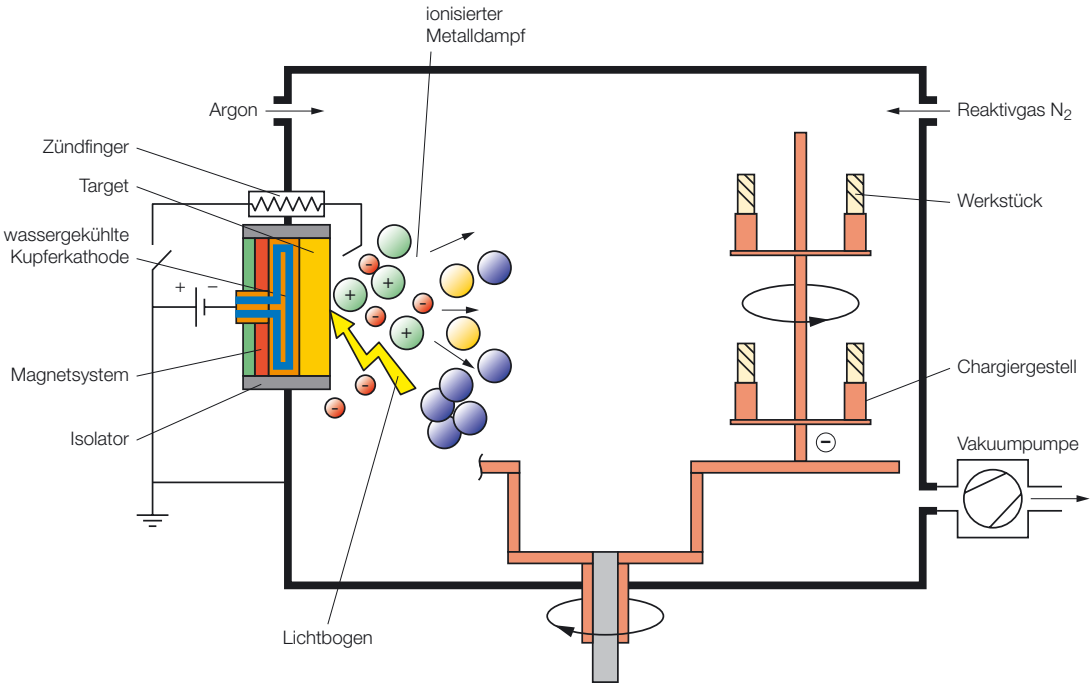
**Modular aufgebautes Chargiergestell mit sechs Satelliten für Schaftwerkzeuge:**



Diese Gestelle sind mit der entsprechenden Antriebstechnik modular aufgebaut und den unterschiedlichen Substraten angepasst. So werden Wendeschneidplatten z.T. durch Hochtemperaturmagnete gehalten. Da die Schichtabscheidung im gesamten Kammerbereich nicht völlig gleich ist, muss der Chargierung hohe Aufmerksamkeit gewidmet werden. Substrate mit großer Masse sollten nicht unmittelbar neben solchen mit kleiner Masse angeordnet sein und leere Bereiche sollten mit Schrottteilen aufgefüllt werden.

Beim **Arc-Verfahren** wird zum Verdampfen des Target-Materials ein Lichtbogen gezündet; das Verfahren ist auch als „Arc-Ion-Plating“ (AIP) bekannt.

**Schema einer PVD-Beschichtungsanlage mit Lichtbogen-Verdampfer (Arc-Ion-Plating/AIP):**

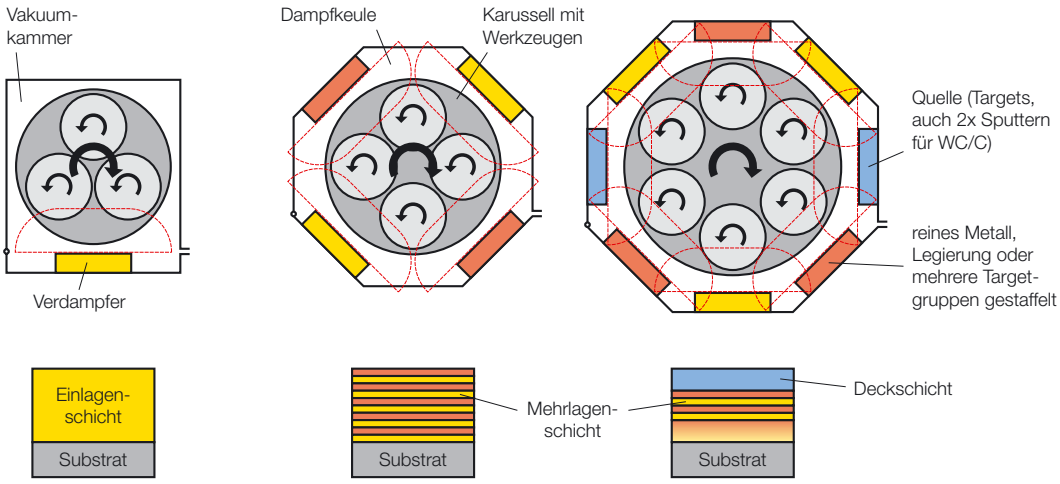


# Verschleißschutz- u. Gleitschichten

In der Regel wird der Prozess so gesteuert, dass der Lichtbogen nach einem bestimmten Muster über die Quelle wandert, um einen gleichmäßigen Abtrag und eine gute Ausnutzung des Targets zu gewährleisten. Die Targets sind üblicherweise an den Seitenwänden auf wassergekühlte, isolierte Kupferkathoden (negative Polung) geschraubt. Neben den Ionen werden auch wenige nicht ionisierte Metalltröpfchen (Spritzer oder „Droplets“) aus der örtlichen Schmelze geschleudert, die sich vereinzelt auch auf den Werkzeugen abscheiden. Die auf der ansonsten glatten Schichtoberfläche vorhandenen weichen Droplets sind bei diesem Verfahren nicht ganz zu vermeiden, können aber durch eine nachträgliche Behandlung entfernt werden. Der Lichtbogen wird über einen Zündfinger gestartet – zu diesem Zeitpunkt können die größten Droplets entstehen.

Zur Herstellung von Mehrlagenschichten werden unterschiedliche Targets benötigt, z.B. Titan und Aluminium, die meistens paarweise gegenüberliegend angebracht sind. Die Targets können aus reinem Metall oder einer Legierung (auch gesintert) bestehen; bei beengten Platzverhältnissen kann eine Quelle auch aus mehreren Einzeltargets zusammengestellt sein. Prinzipiell gestatten große Anlagen die Unterbringung von einer größeren Anzahl von gleichen oder unterschiedlichen Targets mit dem Vorteil, dass sich die Substrate immer in einer Dampfkeule befinden. Somit können mit großer Abscheidungsrate einlagige Schichten erzeugt werden oder bei niedrigerer Rate Mehrlagen- und auch Mehrkomponenten-Schichten.

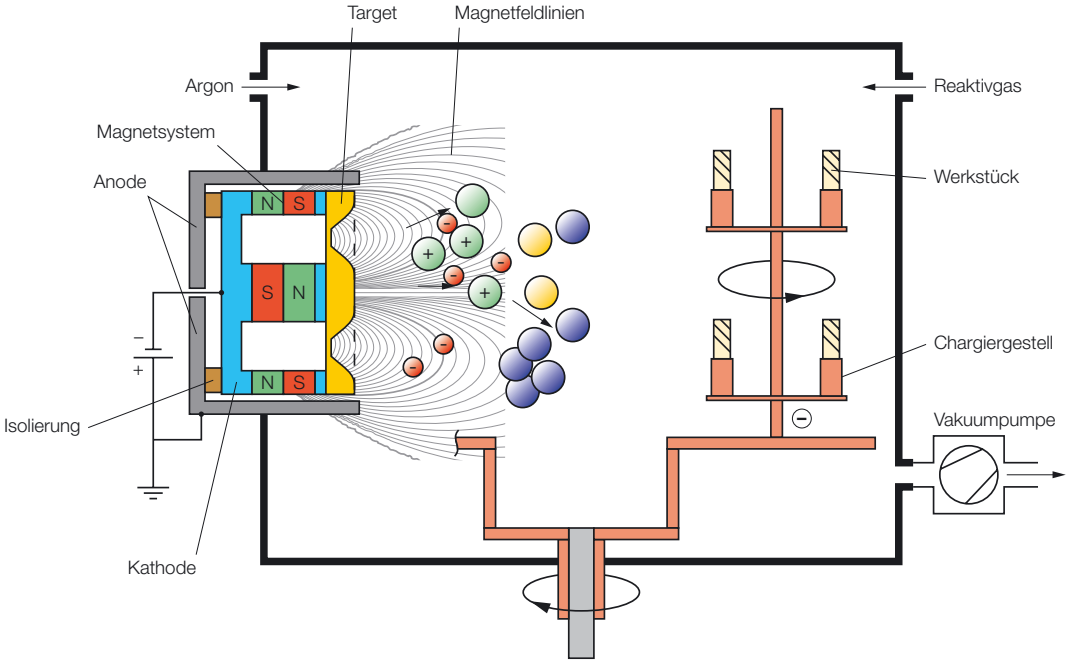
**Schematische Anordnung von Targets in der Draufsicht und möglicher Schichtaufbau:**




Eine interessante Anlagenvariante bietet **Platit** mit dem „LARC“ (**La**teral **R**otating ARC-**C**athodes) genannten Konzept an. Dort werden rotierende, zylinderförmige Targets mit besonders schnellen Lichtbogen-Spotbewegungen kombiniert. Mit einer „Virtual Shutter“ genannten Methode kann das Magnetfeld zum Zünden des Lichtbogens und zum Reinigen der Targets um 180° weggedreht und ohne Unterbrechung des Lichtbogens zurück in die Beschichtungsposition gebracht werden. Wenig Droplets und besonders glatte Schichten werden u.a. als Vorteil angeführt.

Unter den Zerstäubungsverfahren ist das **Magnetronsputtern** – auch „Magnetronsputter-Ion-Plating“ (MSIP) – am weitesten verbreitet. Durch Anlegen einer Hochspannung in einer Inertgasatmosphäre (in der Regel Argon) wird eine Gasentladung gezündet, so dass energiereiche Inertgasionen aus dem Plasma auf das als Kathode geschaltete Target treffen. Durch Impulsübertragung wird auf der Targetoberfläche eine Stoßkaskade ausgelöst und Material, ohne flüssige Zwischenphase, zerstäubt. Hierdurch ist, im Gegensatz zu Anlagenvarianten mit Tiegel, eine freie Anordnung der Quellen möglich. Mit Hilfe von Magnetfeldern (offene und geschlossene Felder) wird die Bahn der Elektronen (spiralförmig um Magnetfeldlinien) verlängert, das Plasma verdichtet und die Stoßrate vergrößert. Die Ausführung der hinter dem Target angeordneten Permanentmagnete bestimmt auch die Form des Materialabtrags.

**Schema einer PVD-Beschichtungsanlage mit Sputter-Verdampfer (Magnetron-Sputter-Ion-Plating/MSIP):**



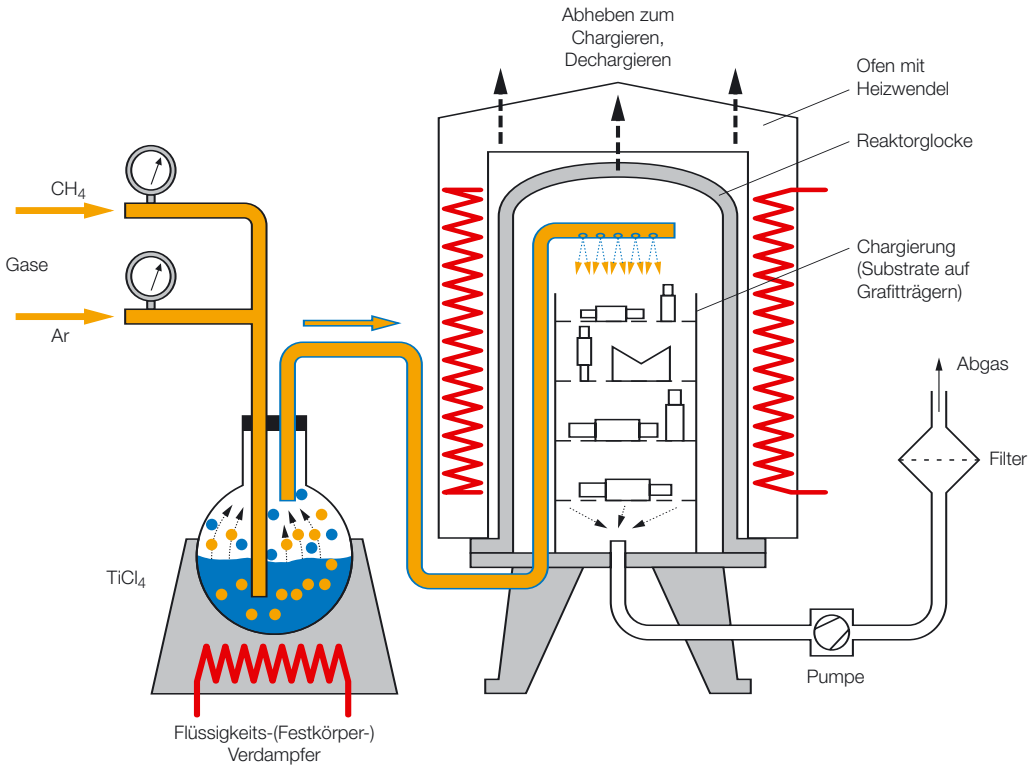

Um die Vorteile der verschiedenen Verfahrensvarianten zu nutzen, werden diese auch immer häufiger in einer Anlage gemeinsam installiert. Als Beispiel sei die „RCS“-Anlage von **Balzers** erwähnt, die mit vier Lichtbogen- und zwei Sputter-Targets ausgestattet werden kann. In ihr können u.a. in einem Prozess TiAlN-Schichten mit einer Gleit-Deckschicht aus Metall-Kohlenstoff erzeugt werden.

Viele Variationsmöglichkeiten gestattet auch das modular aufgebaute Anlagensystem „CC 800“ von **CemeCon**. Neben den gängigen PVD-Prozessen wie Lichtbogen und Sputtern deckt das System viele CVD- und Plasma-CVD-Prozesse und deren Kombinationen ab.

## 5.6.2 CVD-Beschichtungsverfahren

Bei CVD-Beschichtungsanlagen werden die abzuscheidenden Stoffe immer aus Gasen gewonnen. Die metallischen Komponenten liefern leicht verdampfbare Metallchloride wie Titantetrachlorid ($TiCl_4$) oder Aluminiumtrichlorid ($AlCl_3$). Der für die Erzeugung von Karbiden erforderliche Kohlenstoff wird aus dem Kohlenwasserstoff Methan ($CH_4$) gewonnen, der Stickstoff für Nitride aus Ammoniak ($NH_3$) oder $N_2$ und der Sauerstoff für Oxide aus Kohlendioxid ($CO_2$).

**Schema einer CVD-Beschichtungsanlage:**




Die Reaktionskomponenten werden durch ein Trägergas wie Argon (Ar) oder Wasserstoff ($H_2$) transportiert und scheiden sich auf die erhitzten Substrate ab, was durch Unterdruck im Rezipienten unterstützt wird. Die restlichen Gase werden abgesaugt und dürfen erst nach Kühlung und Reinigung in die Abluft gelangen. Die Chargierung geschieht gut zugänglich außerhalb der glockenförmigen Reaktionskammer, die zusammen oder getrennt vom Ofenteil (mit Heiz- und Kühlsystem) abgehoben werden kann.

Besonders wirtschaftlich sind Systeme mit mehreren Andockstationen, z.B.:

1. Station zum Chargieren/Dechargieren,
2. Station zum Aufheizen und zur Prozessführung,
3. Station zum Abkühlen.

Die Chargierung erfolgt meist auf scheibenförmigen Graphitpaletten mit seitlichen Stegen (Gasöffnungen), die zu einem Turm übereinander gestapelt werden. Die nicht vorhandene Abschattung erlaubt eine dichte Bepackung mit Substraten, und sofern die Strömung der Gase im Wesentlichen laminar bleibt, werden sehr gleichmäßige und gut haftende Schichten (mit Zug-Eigenspannungen) abgeschieden. Am häufigsten erzeugt werden TiN-, TiCN- (früher TiC) und $Al_2O_3$-Schichten, sowie Kombinationen daraus.

Auf Grund der Einfachheit der Chargiersysteme ohne bewegliche mechanische Elemente sind CVD-Anlagen für Hartmetall-Kleinteile sehr wirtschaftlich. Aus demselben Grund werden große Formen aus Umformtechnik vorzugsweise in CVD-Anlagen beschichtet, allerdings in Verbindung mit einer nachgeschalteten Wärmebehandlung. Während einige Lohnbeschichter CVD-Anlagen ausschließlich für eigene Zwecke bauen, können solche auch von Anlagenherstellern wie der **IonBond/Bernex**, Olten/CH bezogen werden.

Die wesentlichen Unterschiede zwischen PVD und CVD wurden bereits herausgestellt. Daraus lassen sich nur zum Teil die vergleichsweise geringen Entwicklungsanstrengungen auf dem CVD-Anlagensektor der letzten Jahre erklären. Obwohl zweifellos Vorteile beim Stromverbrauch gegeben sind, dürften die für den gängigen CVD-Prozess erforderlichen, aber nicht ganz unproblematischen Chemikalien für eine Weiterentwicklung und stärkere Verbreitung ein Hindernis sein. Dies gilt nicht für die CVD-Anlagentechnik, die speziell auf die Abscheidung von Diamantschichten ausgelegt ist.

### 5.6.3 Entschichten und Wiederbeschichten

Ein Schärfen und Wiederbeschichten von einfachen und kleinen Werkzeugen mit einem Durchmesser von weniger als 10 mm ist unrentabel. Dennoch gibt es einen großen Markt für Hol-Bring-Dienstleister, die verschlissene Werkzeuge beim Endkunden abholen, sie schärfen, wiederbeschichten lassen und beim Endverbraucher wieder abliefern. In weniger kritischen Fällen und bei Universalschichten wie TiN wird mehrfach, bis zum Aussortieren des Werkzeugs, überbeschichtet. Bei Formwerkzeugen, z.B. HSS-Abwälzfräsern, wurde vor einer vollständigen Entschichtung (je nach Genauigkeitsklasse) bis zu drei mal mit TiN überbeschichtet. Heutzutage neigt man dazu, HSS-Werkzeuge vor der Wiederbeschichtung generell zu entschichten. Nach dem Entschichten sollte das Werkzeug zumindest mikrogestrahlt und erst dann geschärft und beschichtet werden. Da das Entschichten meistens beim Beschichter und nicht beim Schärfbetrieb erfolgt, wird aus logistischen Gründen die obige Reihenfolge teilweise nicht eingehalten und es muss dafür gesorgt werden, dass es zu keinen Qualitätseinbußen kommt.

Das Entschichten von HSS-Werkzeugen ist, zumindest für die einfacheren Schichtsysteme, relativ einfach durchzuführen (Chemikalien auf Basis von Wasserstoffperoxid $H_2O_2$). Komplexer, insbesondere wegen der Gefahr der Co-Verarmung, ist das Entschichten von Hartmetall-Substraten. Der Prozess wird nur von wenigen Beschichtern praktiziert und geheim gehalten. Schichten, die sich chemisch nicht ohne Substratschädigung ablösen lassen, können durch plasma-physikalische Methoden, durch Strahlen oder durch Schleifen entfernt werden.

## 5.7 Fachliteratur

1. **Firmenunterlagen:**
   **Technische Unterlagen der Firmen Balzers/Liechtenstein, CemeCon/Würselen, Eifeler/Düsseldorf und Platit/Schweiz** (öffentlich zugängliche und nichtzugängliche Unterlagen).

2. **Haefer, René A.:**
   **Oberflächen- und Dünnschicht-Technologie**
   Teil I – Beschichtungen von Oberflächen
   1987, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York (ISBN 3-540-16723-4).

3. **Mertz, Klaus W.; Jehn, Hermann A.:**
   **Praxishandbuch moderne Beschichtungen**
   2001, Carl Hanser-Verlag, München, Wien (ISBN 3-446-21677-4).

4. **Schedler, Wolfgang:**
   **Hartmetall für den Praktiker**
   1988, VDI-Verlag, Düsseldorf (ISBN 3-18-400803-7).

5. **Kolaska, Hans:**
   **Pulvermetallurgie der Hartmetalle**
   1992, Fachverband Pulvermetallurgie, Hagen.

# Verschleißschutz- u. Gleitschichten

## Richtlinien und Normen:

6. **VDI 3824**
   **Qualitätssicherung bei der PVD- und CVD-Hartstoffbeschichtung.**
   Blatt 1: Eigenschaftsprofile und Anwendungsgebiete von Hartstoffbeschichtungen;
   Blatt 2: Anforderungen an zu beschichtende Werkzeuge und Bauteile;
   Blatt 3: Fertigungsabläufe und -tätigkeiten;
   Blatt 4: Prüfplanung für Hartstoffschichten.

7. **DIN EN ISO 1463**
   **Metall- und Oxidschichten.**
   Schichtdickenmessung, mikroskopisches Verfahren.

8. **DIN EN ISO 3882**
   **Metallische und andere organische Schichten.**
   Übersicht von Verfahren der Schichtdickenmessung.

9. **DIN EN 1071**
   **Hochleistungskeramik. Verfahren zur Prüfung keramischer Schichten.**
   Teil 2: Bestimmung der Schichtdicke mit dem Kalottenschleifverfahren.

10. **DIN EN ISO 6507**
    **Metallische Werkstoffe, Härteprüfung nach Vickers.**
    Teil 1: Prüfverfahren.

11. **DIN EN ISO 4516**
    **Metallische und andere organische Überzüge.**
    Mikrohärteprüfung nach Vickers und Knoop.

12. **DIN EN ISO 14577**
    **Metallische Werkstoffe. Instrumentierte Eindringprüfung zur Bestimmung der Härte und anderer Werkstoffparameter.**
    Teil 1: Prüfverfahren;
    Teil 2: Prüfung und Kalibrierung der Prüfmaschinen;
    Teil 3: Kalibrierung von Referenzproben.

13. **VDI 3198**
    **Beschichten von Werkzeugen der Kaltmassivumformung.**
    CVD- und PVD-Verfahren.

14. **DIN EN ISO 3497**
    **Metallische Schichten.**
    Schichtdickenmessung, Röntgenfluoreszens-Verfahren.

15. **VDI 2840**
    **Kohlenstoffschichten**
    Grundlagen, Schichttypen und Eigenschaften

# Kühlschmierstoffe



6


Seite

**6.1 Anforderungen an Kühlschmierstoffe . . . . . 144**

**6.2 Bezeichnung von Kühlschmierstoffen . . . . . 145**

**6.3 Zusammensetzung von Kühlschmierstoffen . . . . . 145**

6.3.1 Zusammensetzung von nichtwassermischbaren Kühlschmierstoffen . . . . . 145
6.3.2 Zusammensetzung von wassermischbaren Kühlschmierstoffen . . . . . 146
6.3.3 Hochdruckzusätze (EP-Additive) . . . . . 146

**6.4 Kontrolle und Pflege von Kühlschmierstoffen . . . . . 147**

6.4.1 Konzentration . . . . . 147
6.4.2 pH-Wert . . . . . 147
6.4.3 Nitrit- und Nitratwert . . . . . 148
6.4.4 Keimzahl . . . . . 148
6.4.5 Aussehen, Geruch, Konsistenz, Fremdstoffe . . . . . 148

**6.5 Auswirkungen von Kühlschmierstoffen auf Mensch und Umwelt . . . . . 149**

6.5.1 Gefährdungspotential und Schutzmaßnahmen . . . . . 149
6.5.2 Entsorgung . . . . . 149

**6.6 Kühlschmierstoffe im Einsatz . . . . . 150**

6.6.1 Gewindefertigung (Gewindeschneiden/Gewindefurchen) . . . . . 150
6.6.2 Zerspanen von Stählen . . . . . 152
6.6.3 Bearbeiten von Magnesium und Titan . . . . . 152
6.6.4 Schleifen von Hartmetallen . . . . . 152

**6.7 Minimalmengenschmierung und Trockenbearbeitung . . . . . 153**

6.7.1 Minimalmengenschmierung . . . . . 154
6.7.1.1 Externe Zuführung . . . . . 154
6.7.1.2 Interne Zuführung . . . . . 154
6.7.1.3 MMS-Schmierstoffe . . . . . 157
6.7.2 Trockenbearbeitung – Bearbeitung mit gekühlter Druckluft . . . . . 158

**6.8 Fachliteratur . . . . . 159**



# Kühlschmierstoffe

## 6.1 Anforderungen an Kühlschmierstoffe

Kühlschmierstoffe sind nach DIN 51385 Stoffe, die beim Trennen und Umformen von Werkstoffen zum Kühlen und Schmieren eingesetzt werden.
Kühlschmierstoffe tragen bei spanenden und spanlosen Fertigungsverfahren zu einer Verminderung der mechanischen und thermischen Belastung der Werkzeuge bei und verringern in der Regel den Verschleiß der eingesetzten Werkzeuge. Oftmals lassen sich höhere Bearbeitungsparameter realisieren und damit eine Steigerung der Produktivität erreichen.

**Die Hauptaufgaben von Kühlschmierstoffen sind:**

### Kühlung

Mit der Kühlung wird die thermische Belastung der Werkzeugschneide gesenkt und somit das Standvermögen des Werkzeuges erhöht. Zusätzlich wird auch das zu bearbeitende Werkstück gekühlt.

### Schmierung

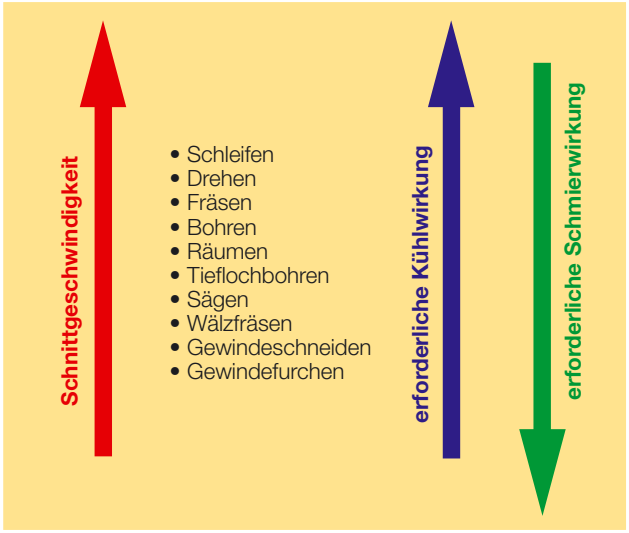
Mit der Schmierung wird die Reibung zwischen dem Werkstück bzw. dem abfließenden Span und dem Werkzeug herabgesetzt, was zu einer Verringerung der Zerspanungskräfte und einer verbesserten Spanabfuhr führt.

### Spanabfuhr

Das Fortspülen der anfallenden Späne sorgt für einen sicheren Zerspanungsprozess und wirkt einer thermischen Beeinträchtigung (Wärmeausdehnung von Werkstück und Werkzeugmaschine, Schädigung der Werkstückrandzone) des Zerspanungsprozesses entgegen.

Die einzelnen Bearbeitungsverfahren stellen sehr unterschiedliche Anforderungen an den Kühlschmierstoff. Grundsätzlich gilt, dass je höher die Schnittgeschwindigkeit des Bearbeitungsverfahrens und damit auch die entstehende Temperatur ist, desto mehr steht die kühlende Wirkung des Kühlschmierstoffes im Vordergrund. Und demzufolge gilt auch, dass je größer die bei der Bearbeitung entstehende Reibung ist, desto wichtiger die Schmierwirkung des eingesetzten Kühlschmierstoffes sein wird.

**Bearbeitungsverfahren:**




Anforderungen an einen Kühlschmierstoff in Abhängigkeit vom Bearbeitungsverfahren (erforderliche Kühl- bzw. Schmierwirkung jeweils ansteigend in Pfeilrichtung).



## 6.2 Bezeichnung von Kühlschmierstoffen

Kühlschmierstoffe können in zwei Gruppen unterteilt werden:
- **Nichtwassermischbare Kühlschmierstoffe** (Kurzbezeichnung SN)
- **Wassermischbare Kühlschmierstoffe** (Kurzbezeichnung SE)

Die Bennenung für einen Kühlschmierstoff wird in der DIN 51385, die Kennbuchstaben zur Kurzbezeichnung in der DIN 51502 definiert.

**Bennenung von Kühlschmierstoffen nach DIN 51385 und DIN 51502**

| Nr. | Bennenung | Kennbuchstabe[1)] | Definition |
|---|---|---|---|
| **0** | Kühlschmierstoff | **S** | Stoff, der beim Trennen und teilweise beim Umformen von Werkstoffen zum Kühlen und Schmieren eingesetzt wird |
| **1** | Nichtwassermischbarer Kühlschmierstoff | **SN** | Kühlschmierstoff, der für die Anwendung nicht mit Wasser gemischt wird |
| **2** | Wassermischbarer Kühlschmierstoff | **SE** | Kühlschmierstoff, der vor seiner Anwendung mit Wasser gemischt wird |
| **2.1** | Emulgierbarer Kühlschmierstoff | **SEM** | wassermischbarer Kühlschmierstoff, der die diskontinuierliche Phase einer Emulsion Öl-in-Wasser bilden kann |
| **2.2** | Wasserlöslicher Kühlschmierstoff | **SES** | Kühlschmierstoff, der mit Wasser gemischt Lösungen ergibt; hierzu gehören neben echten Lösungen auch Lösungen der Assoziations-kolloide, z.B. „Lösungen von Seifen“ |
| **3** | Wassergemischter Kühlschmierstoff | **SEW** | mit Wasser gemischter Kühlschmierstoff (wassermischbarer Kühlschmierstoff im Anwendungszustand) |
| **3.1** | Kühlschmier-Emulsion (Öl-in-Wasser) | **SEMW** | mit Wasser gemischter Kühlschmierstoff (wassermischbarer Kühlschmierstoff im Anwendungszustand) |
| **3.2** | Kühlschmierlösung | **SESW** | mit Wasser gemischter wasserlöslicher Kühlschmierstoff (gebrauchsfertige Mischung) |

[1)] Siehe DIN 51502, die Zusatzkennbuchstaben **N** und **W** sind noch nicht in DIN 51502 enthalten.

## 6.3 Zusammensetzung von Kühlschmierstoffen

### 6.3.1 Zusammensetzung von nichtwassermischbaren Kühlschmierstoffen

Als Basis für nichtwassermischbare Kühlschmierstoffe dienen Mineralöle, natürliche und synthetische Esteröle oder auch synthetische Kohlenwasserstoffe. Durch Zusätze können bestimmte Eigenschaften der Kühlschmierstoffe gezielt eingestellt werden. Bei nichtwassermischbaren Kühlschmierstoffen steht die Schmierwirkung im Vordergrund, deshalb werden bevorzugt die Schmierwirkung verbessernde Additive, wie z.B. Fettstoffe, verwendet. Außerdem können nichtwassermischbare Kühlschmierstoffe Korrosionsschutzadditive, Schaumhemmer und Antinebelzusätze enthalten.





## 6.3.2 Zusammensetzung von wassermischbaren Kühlschmierstoffen

Basisöle für wassermischbare Kühlschmierstoffe sind ebenfalls Mineralöle, natürliche und synthetische Esteröle oder synthetische Kohlenwasserstoffe. Als Zusätze dienen Emulgatoren, Biozide, Entschäumer, Antioxidanten, Korrosionsschutzadditive und EP-Additive (siehe **Kapitel 6.3.3**).

Die Emulgatoren verhindern eine Trennung von Öl und Wasser, Biozide wirken einen Befall durch Bakterien entgegen, Entschäumer verringern eine die Kühlwirkung herabsetzende Schaumbildung des Kühlschmierstoffes, während Antioxidanten die Lebensdauer des Kühlschmierstoffes verlängern und Korrosionsschutzadditive die Korrosion an Werkstücken, Werkzeugen und Maschinen minimieren.

Das Anmischen von wassermischbaren Kühlschmierstoffen sollte, wenn möglich, mit Hilfe automatischer Mischgeräte erfolgen. Steht kein Mischgerät zur Verfügung, kann die Emulsion auch durch langsames Eingießen des Kühlschmierstoff-Konzentrats in das Wasser – nicht umgekehrt – bei gleichzeitigem ständigem Umrühren bis zur vollständigen Emulgierung angesetzt werden.
Die einzustellende Konzentration der fertigen Emulsion hängt vom verwendeten Produkt sowie vom Bearbeitungsverfahren ab. Die Werte sind den Gebrauchsinformationen der einzelnen Hersteller zu entnehmen.

Da bei den wassermischbaren Kühlschmierstoffen der Wasseranteil meist über 90% liegt, beeinflusst die Qualität des verwendeten Ansetzwassers in hohem Maße die Qualität des Kühlschmierstoffes im Gebrauchszustand.
In der untenstehenden Tabelle sind einige Richtwerte für das Ansetzwasser aufgeführt. Da in den meisten Fällen Trinkwasser zum Anmischen verwendet wird, können die Werte (z.B. Grad deutscher Härte / °d, Chlorgehalt) bei den örtlichen Wasserwerken erfragt werden.
In jüngere Zeit wird aber auch vermehrt Reinwasser zum Ansetzen von wassermischbaren Kühlschmierstoffen verwendet. Allerdings muss das eingesetzte Kühlschmierstoff-Konzentrat für das Anmischen mit Reinwasser ausgelegt sein, da manche Kühlschmierstoff-Konzentrate die natürliche Wasserhärte als Schaumbremse nutzen.

**Richtwerte für die Qualität des Ansetzwassers**

| Benennung | Richtwert | Einheit |
|---|---|---|
| Wasserhärte | 10-15 | °d |
| pH-Wert | 7 | – |
| Nitrit | max. 5 | ppm |
| Nitrat | max. 50 | ppm |
| Keimzahl | max. $10^2$ | KBE / ml |

## 6.3.3 Hochdruckzusätze (EP-Additive)

Die Schmierwirkung von Kühlschmierstoffen, besonders bei schwerer Bearbeitung, kann durch die Zugabe von EP-Additiven (EP = **E**xtreme **P**ressure) nochmals verbessert werden. Diese bilden durch Reaktion mit Metalloberflächen Verbindungen mit geringerer Scherfestigkeit und verhindern somit Mikroverschweißungen zwischen Werkzeug und Werkstück bei hohem Druck und hoher Temperatur. Insbesondere finden organische Phosphor- und Schwefelverbindungen als EP-Additive Verwendung. Diese Verbindungen ersetzen immer mehr die früher verwendeten, gesundheitsschädlichen Chlorparaffine. Allerdings gibt es immer noch Anwendungen, speziell in der Gewindetechnik, bei denen auf chlorhaltige Kühlschmierstoffe nur schwer verzichtet werden kann.





## 6.4 Kontrolle und Pflege von Kühlschmierstoffen

Eine regelmäßige Kontrolle und Pflege vor allem von wassergemischten Kühlschmierstoffen während des Betriebs ist zur Erhaltung der Prozesssicherheit und zur Vermeidung von gesundheitlichen Risiken für die Mitarbeiter unerlässlich. Auch verlängert eine sorgfältige Pflege der Kühlschmierstoffe deren Lebensdauer und senkt so einerseits die anfallenden Kosten für Neubefüllung und Entsorgung und andererseits die Belastung für die Umwelt bei der Entsorgung erheblich.

**Die regelmäßigen Kontrollen sollten folgende Punkte beinhalten:**

- **Konzentration**
- **pH-Wert**
- **Nitrit- und Nitratwert**
- **Keimzahl**
- **Aussehen, Geruch, Konsistenz, Anteil an Fremdstoffen**



### 6.4.1 Konzentration

Die Konzentration des Kühlschmierstoffes kann sich während des Einsatzes verändern. So kommt es vor allem bei höheren Betriebstemperaturen zu einem verstärkten Verdunsten des Wassers, wodurch die Konzentration ansteigt. Auch kann das Kühlschmierstoff-Konzentrat durch Entmischung ausgetragen werden, was zur Folge hat, dass die Konzentration des Kühlschmierstoffes absinkt.
Deshalb muss die Konzentration des Kühlschmierstoffes in regelmäßigen Abständen (mindestens wöchentlich) überprüft werden. Dazu verwendet man ein Handrefraktometer. Es werden einige Tropfen der zu prüfenden Emulsion zwischen zwei Prismengläser getropft. Bei der Durchsicht durch das Okular kann der Brechungsindex anhand einer Hell-Dunkel-Markierung abgelesen werden. Dieser Wert muss nun mit dem spezifischen Refraktometerfaktor des Kühlschmierstoffes (Herstellerangabe) multipliziert werden und ergibt so die jeweilige Kühlschmierstoffkonzentration.
Um Messfehler zu vermeiden, sollte vor der eigentlichen Messung ein Nulllinienabgleich des Refraktometers mit Wasser durchgeführt werden.
Bei einer zu hohen Kühlschmierstoffkonzentration muss mit einer „mageren“, bei einer zu geringen Konzentration mit einer „fetten“ Emulsion nachjustiert werden.

### 6.4.2 pH-Wert

Der pH-Wert gibt die Wasserstoff-Ionenkonzentration einer Substanz an. Bei einem pH-Wert von 7 verhalten sich Flüssigkeiten neutral. Alkalische Flüssigkeiten (Laugen) haben einen pH-Wert > 7, saure Flüssigkeiten (Säuren) einen pH-Wert < 7. Der normale pH-Wert von wassergemischten Kühlschmierstoffen liegt zwischen 8,0 und 9,3 und sollte zumindest wöchentlich mit einem elektronischen pH-Tester oder mit Indikatorpapier überprüft werden.
Bei einem zu niedrigen pH-Wert sinkt die Korrosionsschutzfähigkeit des Kühlschmierstoffes und es steigt die Gefahr der Bildung von Nitrosaminen. Mit pH-Stellmitteln kann der pH-Wert korrigiert werden.





### 6.4.3 Nitrit- und Nitratwert

In wassergemischten Kühlschmierstoffen kann es zu Anreicherungen von Nitraten und Nitriten kommen, wobei Nitrit im Wesentlichen durch Abbau von Nitraten entsteht. Durch Verbindung der in manchen Kühlschmierstoffen enthaltenen Amine und Nitrit können krebserregende Nitrosamine entstehen.
Moderne Kühlschmierstoffe sind nitritfrei, dennoch sind Nitrit-Ionen in Gebrauchsemulsionen in geringen Mengen nachweisbar. Nitrit kann durch vorbehandelte Teile (z.B. aus nitrithaltigen Korrosionsschutzmitteln oder Härtesalzen) oder durch Stickoxide in der Umgebungsluft (Abgase von Gabelstablern) in die Kühlschmieremulsion eingeschleppt werden. Deshalb ist die regelmäßige Kontrolle des Kühlschmierstoffes auf Nitrit- bzw. Nitratwerte unerlässlich. Die Messungen sollten mit Hilfe von Nitrit/Nitrat-Indikatoren (Teststäbchen) mindestens monatlich, bei zentralen Kühlschmierstoffanlagen wöchentlich durchgeführt werden.
Der Grenzwert für Nitrat liegt laut TRGS 611 (Technische Regeln für Gefahrstoffe) bei 50 ppm (ppm: parts per million), für Nitrit bei 20 ppm.

### 6.4.4 Keimzahl

Bakterien, Pilze oder Mikroorganismen allgemein haben großen Einfluss auf die Einsatzdauer eines Kühlschmierstoffes und die Gesundheitsgefährdung der Mitarbeiter (Gefahr von Hautreizungen). Aus diesem Grund ist eine regelmäßige Messung der Keimzahl mittels Indikatoren (Teststäbchen) unerlässlich.
Bei einer Keimzahl von > $10^6$ KBE/ml (KBE: Kolonie bildende Einheiten) muss der Kühlschmierstoff entweder ausgetauscht oder durch Zugabe von Bioziden konserviert werden. Allerdings kann auch eine zu hohe Konzentration von Konservierungsmitteln zu Hautreizungen führen.

### 6.4.5 Aussehen, Geruch, Konsistenz und Fremdstoffe

Zusätzlich zu den voher angeführten Kontrollen sollte der eingesetzte Kühlschmierstoff möglichst täglich auf Aussehen, Geruch, Konsistenz und Anteile von Fremdstoffen kontrolliert werden. Fremdstoffe können feste Fremdstoffe oder auch Fremdöle (z.B. Bettbahn- und Spindelöl) sein. Feste Fremdstoffe wie Metallpartikel lassen sich durch geeignete Filteranlagen, Magnetabscheider (bei magnetischen Partikeln) oder mit Hilfe von Sedimentationsbecken (Absetzbecken) entfernen. Aufschwimmendes Fremdöl (Nährboden für Keime) kann mit Hilfe von Band- oder Scheibenskimmern oder auch durch Absauggeräte mit speziellen Ölseparatoren abgeschieden werden. Schaumprobleme können mit speziellen Entschäumern eingedämmt werden.
Änderungen von Aussehen (z.B. Farbwechsel) und Geruch weisen meist auf einen Befall des Kühlschmierstoffes durch Mikroorganismen oder einer chemischen Reaktion des Kühlschmierstoffes hin (z.B. Schwarzfärbung von aktivschwefelhaltigen Kühlschmierstoffen bei der Buntmetallbearbeitung).

Treten trotz sorgfältiger Wartung und Pflege Probleme mit dem eingesetzten Kühlschmierstoff auf, so ist zusammen mit dem Hersteller bzw. Lieferanten des Kühlschmierstoffes abzuklären, ob durch den Zusatz von Stellmitteln die weitere Verwendung ermöglicht werden kann, oder ob der Kühlschmierstoff komplett ausgetauscht (Neubefüllung nach sorgfältiger Reinigung der gesamten Kühlschmierstoff-Anlage) werden muss.





## 6.5 Auswirkungen von Kühlschmierstoffen auf Mensch und Umwelt

### 6.5.1 Gefährdungspotential und Schutzmaßnahmen

Auch bei sachgerechtem Umgang mit Kühlschmierstoffen besteht ein Gefährdungspotential für die mit Kühlschmierstoffen in Kontakt kommenden Personen.

**Gefahren bestehen im Einzelnen durch:**

- Haut- und Augenkontakt mit Kühlschmierstoffen
- Einatmen von Dampf, Nebel, Qualm
- Verschlucken von Kühlschmierstoffen

**Die möglichen Schäden für den menschlichen Organismus sind:**

- Hautreizungen
- Wundinfektionen
- Reizung der Atemwege, Schleimhäute und Augen
- Magen- und Darmerkrankungen
- Vergiftungen
- allergische Reaktionen

Um solche Schädigungen zu verhindern, sollte die berufsgenossenschaftlichen Empfehlungen für den Umgang mit Kühlschmierstoffen eingehalten werden.

**Diese lauten im Einzelnen:**

- vor Arbeitsbeginn Hände und Unterarme mit geeigneten Hautschutzmitteln einreiben
- vor Pausen und nach Arbeitsende Hände und Unterarme mit warmen Wasser und milden, nicht scheuernden Hautreinigungsmitteln reinigen; anschließend Hautpflegemittel auftragen
- Hautkontakt mit Kühlschmierstoffen auf ein unumgängliches Mindestmaß beschränken

**Dazu gehört:**

- Hände nie mit Kühlschmierstoffen reinigen
- mit Kühlschmierstoff durchfeuchtete Kleidung sofort wechseln
- ggf. Spritzschutzkleidung oder Gummischürze verwenden
- Mund, Nase oder Augen nicht mit durch Kühlschmierstoff verschmutzte Hände berühren
- statt Putzlappen Einweg-Papiertücher verwenden und diese nicht in die Arbeitskleidung stecken
- in der Nähe von Kühlschmierstoff-Anlagen nicht essen, trinken oder rauchen
- keine Zigarettenkippen, Lebensmittelreste oder anderen Abfall in einen Kühlschmierstoff-Kreislauf werfen
- beim Auftreten von Krankheitssymptomen Arzt aufsuchen und Vorgesetzten oder Sicherheitsbeauftragten informieren

### 6.5.2 Entsorgung

Verbrauchte und unbrauchbare Kühlschmierstoffe sowie kühlschmierstoffhaltige Rückstände sind unter Beachtung der geltenden rechtlichen Regeln zu entsorgen. Der Gesetzgeber hat in zahlreichen rechtlichen Vorgaben den Rahmen für die Kühlschmierstoff-Entsorgung festgelegt (Bundes-, Landesgesetze, Technische Regeln oder Richtlinien).



# Kühlschmierstoffe

**Von besonderer Bedeutung für die Kühlschmierstoff-Entsorgung sind die Bereiche:**

- Abfallrecht
- Wasserrecht
- Gewerberecht

Die Menge eines zu entsorgenden wassergemischten Kühlschmierstoffes kann deutlich reduziert werden, wenn die Abtrennung des Wasseranteils bereits beim Anwender erfolgt.
Die verbreitetsten Verfahren hierfür sind Mikro- bzw. Ultrafiltration und Umkehrosmose. So kann beispielsweise die zu entsorgende Menge bei der Ultrafiltration um bis zu 90% reduziert werden. Für eine Rentabilitätsberechnung der jeweiligen Verfahren ist die Art des Kühlschmierstoffes und die zu entsorgende Kühlschmierstoff-Menge zu Grunde zu legen.
Ist die Vorbehandlung und die Entsorgung der Kühlschmierstoffe durch den Anwender nicht wirtschaftlich, übernehmen zugelassene Entsorgungsunternehmen diese Aufgabe. Adressen solcher Unternehmen sind beim jeweiligen Lieferanten des Kühlschmierstoffes zu erfragen.

Die Hersteller von Kühlschmierstoffen sind laut §14 der GefStoffV (Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen) verpflichtet, zu ihren jeweiligen Produkten Sicherheitsdatenblätter herauszugeben. In diesen Sicherheitsdatenblättern sind Angaben zu Handhabung und Lagerung, persönlicher Schutzausrüstung, mögliche Gefahren usw. enthalten. Der genaue Inhalt eines solchen Sicherheitsdatenblatts hinsichtlich Umfang und Reihenfolge der Angaben ist in TRGS 220 festgelegt.

## 6.6 Kühlschmierstoffe im Einsatz

Auf Grund der vielfältigen Einsatzbedingungen müssen Kühlschmierstoffe sehr unterschiedlichste Anforderungen erfüllen. Problematisch ist die Wahl eines Kühlschmierstoffes, wenn mehrere Werkzeugmaschinen von einer zentralen Anlage versorgt werden, oder auf einer Werkzeugmaschine verschiedene Bearbeitungsverfahren zum Einsatz kommen und unterschiedliche Werkstückstoffe bearbeitet werden. Die Wahl des geeigneten Kühlschmierstoffes bzw. die Wahl des Mischungsverhältnisses richtet sich dann nach dem kritischsten Einsatzfall.
In schwierigen Fällen ist bei der Auswahl eines geeigneten Kühlschmierstoffes auf die Erfahrungen der Kühlschmierstoffhersteller zurückzugreifen.

Im Folgenden wird eine Übersicht über den Einsatz von Kühlschmierstoffen bei der spanenden Fertigung gegeben. Beispielhaft soll hier nur auf wenige ausgewählte Bearbeitungsverfahren eingegangen werden.

### 6.6.1 Gewindefertigung (Gewindeschneiden/Gewindefurchen)

Die Gewindefertigung stellt besondere Anforderungen an die Kühlschmierstoffe. So steht beim Gewindeschneiden bzw. beim Gewindefurchen auf Grund der hohen Reibung zwischen Werkzeug und Werkstück die Schmierwirkung eines Kühlschmierstoffes im Vordergrund. Gerade bei schwierigen Gewindeoperationen kann bislang nicht immer auf Kühlschmierstoffe mit chlorhaltigen EP-Additiven verzichtet werden. Deshalb sind die von EMUGE angebotenen Kühlschmierstoffe zum Gewindeschneiden bzw. Gewindefurchen in chlorhaltiger und mit der Bezeichnung „clf“ in chlorfreier Ausführung verfügbar.
Kühlschmierstoffe für die Gewindefertigung sind von EMUGE als Konzentrat für wassergemischte Emulsionen und als nichtwassermischbare Gewindeschneidöle bzw. Gewindeschneidpasten lieferbar.

Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die von EMUGE erhältlichen Kühlschmierstoffe und ihre Anwendungsgebiete. In schwierigen Bearbeitungsfällen sollte bei der Auswahl eines geeigneten Kühlschmierstoffes auf die Beratung eines Anwendungstechnikers zurückgegriffen werden.

# Kühlschmierstoffe

## EMUGE-Kühlschmierstoffe und ihre Anwendungsgebiete:

| **Gewindeschneidöl** | **Nr. 1**<br>**Nr. 1 clf** |
|---|---|
| Einsatzgebiete: | • für un- und niedriglegierte Stähle |
| Bemerkung: | • kann sowohl für Pinsel- als auch für Umlaufschmierung verwendet werden<br>• nicht geeignet für die Bearbeitung von Leicht- und Buntmetallen |

| **Gewindeschneidöl** | **Nr. 2**<br>**Nr. 2 clf** |
|---|---|
| Einsatzgebiete: | • für Grau-, Sphäro- und Meehaniteguss, sowie Stähle bis 900 N/mm² Zugfestigkeit |
| Bemerkung: | • kann sowohl für Pinsel- als auch für Umlaufschmierung verwendet werden |

| **Gewindeschneidöl** | **Nr. 3**<br>**Nr. 3 clf** |
|---|---|
| Einsatzgebiete: | • für nahezu alle Werkstoffe<br>• auch zum Gewindefurchen geeignet |
| Bemerkung: | • nur als Emulsion verwendbar (Mischungsverhältnis 1:8)<br>• sollte im unverdünnten Zustand nicht verwendet werden |

| **Gewindeschneidöl** | **Nr. 4**<br>**Nr. 4 clf** |
|---|---|
| Einsatzgebiete: | • für Leicht- und Buntmetalle und deren Legierungen |
| Bemerkung: | • kann sowohl für Pinsel- als auch für Umlaufschmierung verwendet werden |

| **Gewindeschneidöl** | **Nr. 5**<br>**Nr. 5 clf** |
|---|---|
| Einsatzgebiete: | • für zähe und schwer zerspanbare Werkstoffe<br>• zum Gewindefurchen hervorragend geeignet |
| Bemerkung: | • kann sowohl für Pinsel- als auch für Umlaufschmierung verwendet werden |

| **Gewindeschneidpaste** | **Nr. 6**<br>**Nr. 6 clf** |
|---|---|
| Einsatzgebiete: | • für zähe und schwer zerspanbare Werkstoffe<br>• zum Gewindefurchen hervorragend geeignet |
| Bemerkung: | • nur für Pinselschmierung<br>• bei waagerechter Bearbeitung, großen Abmessungen und Durchgangslochgewinden besonders vorteilhaft |







## 6.6.2 Zerspanen von Stählen

Beim Zerspanen von Stählen mit HSS-Werkzeugen kommen überwiegend wassergemischte Kühlschmierstoffe zum Einsatz. Dabei sollte der Kühlschmierstoff in einem gleichmäßigen Strahl möglichst exakt auf die Wirkstelle (Werkstück/Werkzeug) treffen.
Beim Einsatz von Hartmetall-Werkzeugen fanden, sofern nicht trocken bearbeitet wurde, in der Vergangenheit ebenfalls wassergemischte Kühlschmierstoffe Verwendung. Bei der Bearbeitung mit unterbrochenem Schnitt (z.B. Fräsen) wurde zunächst prinzipiell trocken zerspant, um Kammrisse durch Thermoschockeffekte an den Schneiden zu vermeiden. Erst durch die Entwicklung spezieller Hartmetallsubstrate wurde der Einsatz von Kühlschmierstoffen möglich.
Bei der Bearbeitung von schwer zerspanbaren Legierungen (z.B. die Nickel-Basis-Legierung INCONEL) mit beschichteten Hartmetall-Werkzeugen werden große Mengen von nichtwassermischbaren, dünnflüssigen Kühlschmierstoffen, meist auf Mineralölbasis, eingesetzt. Diese dürfen nur zinkfreie Zusätze enthalten (Gefahr der Bildung niedrigschmelzender Eutektika unter Temperatureinfluss).

## 6.6.3 Bearbeiten von Magnesium und Titan

Magnesium wird sowohl trocken als auch mit nichtwassermischbaren und vermehrt auch mit speziellen wassermischbaren Kühlschmierstoffen bearbeitet. Bei der Trockenbearbeitung können sich die Späne leicht entzünden, da die Zündtemperatur nahe am Schmelzpunkt von ca. 650 °C liegt. Beim Bearbeiten von Magnesium mit nichtwassermischbaren Kühlschmierstoffen sind vor allem Öle mit einer niedrigen Viskosität, die aber trotzdem eine geringe Dampf- und Nebelbildung aufweisen, im Einsatz. Bei der Verwendung von wassergemischten Kühlschmierstoffen reagiert Magnesium an der Oberfläche mit Wasser zu Magnesiumhydroxid und Wasserstoff, dieser kann mit der Umgebungsluft explosive Gemische bilden. Dabei ist die Bildung von Wasserstoff vom pH-Wert des Kühlschmierstoffes, von der Temperatur und der Größe der Reaktionsfläche (Späne!) abhängig. Je höher der pH-Wert, je tiefer die Temperatur und je kleiner die Reaktionsflächen, desto weniger Wasserstoff bildet sich. Deshalb ist die sorgfältige Überwachung des eingesetzten Kühlschmierstoffes sehr wichtig. Das entstehende Magnesiumhydroxid geht teilweise in den Kühlschmierstoff über und erhöht den pH-Wert, kann allerdings auch für eine Aufspaltung der Emulsion sorgen. Aus Sicherheitsgründen sollten die anfallenden Späne möglichst schnell aus dem Maschinenraum entfernt werden, eine optimale Absaugvorrichtung verhindert die Ansammlung von Wasserstoff. Grundsätzlich ist die Auswahl eines Kühlschmierstoffes für die Magnesiumbearbeitung nur in enger Zusammenarbeit mit den Herstellern von Kühlschmierstoffen unter Beachtung der jeweils geltenden gesetzlichen Regelungen zu treffen.

Bei der Bearbeitung von Titan und Titanlegierungen sollte auf den Einsatz von chlorhaltigen Kühlschmierstoffen verzichtet werden, um Spannungsriss-Korriosion zu verhindern.

## 6.6.4 Schleifen von Hartmetallen

Hartmetalle bestehen aus Metallkarbiden und einer metallischen Bindephase (Kobalt, Nickel) – die Herstellung erfolgt pulvermetallurgisch (siehe **Kapitel 4**). Eine Bearbeitung dieser Werkstoffe beschränkt sich auf Grund der hohen Härte meist auf Bearbeitungsverfahren mit geometrisch nicht definierter Schneide. Beim Schleifen von Hartmetall mit wasserlöslichen Kühlschmierstoffen besteht die Gefahr, dass Kobalt von der Werkstückoberfläche in Ionenform herausgelöst wird und sich im Kühlschmierstoff anreichert („Cobaltleaching“). Dieser Effekt schädigt die Randzone des Hartmetalls, so dass eine einwandfreie Haftung einer später aufgebrachten Verschleißschutzschicht nicht möglich ist und zu einer Verringerung der Werkzeugstandzeit führt. Darüber hinaus steigt die Gesundheitsgefährdung der mit dem Kühlschmierstoff in Kontakt kommenden Personen, da Kobalt in gelöster Form als krebserregend gilt. Abhilfe schaffen nur speziell gegen diese Kobaltauswaschungen präparierte Kühlschmierstoffe und deren sorgfältige Überwachung während des Einsatzes. Sehr häufig werden deshalb sehr dünnflüssige, nichtwassermischbare Kühlschmierstoffe auf Ester- oder Mineralölbasis verwendet, wobei dann geeignete Vorkehrungen zum Brandschutz (Gefahr der Verpuffung) getroffen werden müssen.





## 6.7 Minimalmengenschmierung und Trockenbearbeitung

Kühlschmierstoffe haben, primär bedingt durch äußere Einflüsse, nur eine begrenzte Standzeit. Zusammen mit den durch ihren Einsatz bedingten Abfällen und anderen Umweltauswirkungen haben sie bezüglich der Umweltrelevanz herausragende Bedeutung im gesamten Bereich der Metallbearbeitung, welche sich auch zu einer immer stärkeren ökonomischen Belastung für die betroffenen Unternehmen entwickelt. Eine Möglichkeit zur Vermeidung aller mit dem Einsatz von Kühlschmierstoffen verbundenen Problemen ist die Trockenbearbeitung. Ihre Realisierung kann allerdings, bedingt durch das Leistungsverhalten der Werkzeuge und den Anforderungen an die Qualität der Bauteile, erheblichen Einschränkungen unterliegen. Eine Alternative zur Nassbearbeitung bietet in diesen Fällen die Minimalmengenschmierung (MMS).

**Definition Trockenbearbeitung:**

- Zerspanen/Umformen ohne jegliche Hilfsstoffe bzw. Systeme zum Schmieren, Kühlen und Spänetransport an der Wirkstelle Werkzeug-Werkstück
- Zerspanen/Umformen mit verfahrensseitigen Zusatzkomponenten zur Unterstützung der Funktionen Schmieren, Kühlen, Spänetransport (z.B. Minimalmengenschmiersysteme von außen oder durch die Spindel, Druckluftaggregate zur Späneentsorgung, Kühlen);
  bei der Minimalmengenschmierung wird eine minimale Menge eines Kühlschmiermediums (Volumenstrom ≤ 50 ml/Prozessstunde) an die Wirkstelle Werkzeug-Werkstück eingebracht

**Vor- und Nachteile der Trocken- sowie Nassbearbeitung**

| Vorteile | Nachteile |
|---|---|
| **Trockenbearbeitung** | |
| • keine Kosten für Kühlschmierstoff-Wartung / Pflege | • höhere thermische und mechanische Belastung des Werkzeugs |
| • keine Kosten für Kühlschmierstoff-Entsorgung | • schlechter Spanbruch bzw. erschwerte Spanabfuhr |
| • bei MMS-Technologie permanent unverbrauchter Schmierstoff an der Wirkstelle Werkzeug-Werkstück | • staubförmige Emissionen (verfahrensspezifische Absauganlagen) |
| **Nassbearbeitung** | |
| • geringe Prozesstemperaturen | • umwelt- und gesundheitsbelastende Kühlschmierstoff-Inhaltsstoffe |
| • guter Spänetransport | • Emission von Kühlschmierstoff-Nebel / -Dampf |
| • Korrossionsschutz der Werkstücke | • Wartung und Pflege der Kühlschmierstoffe (z.T. aufwendige Anlagen notwendig) |





### 6.7.1 Minimalmengenschmierung

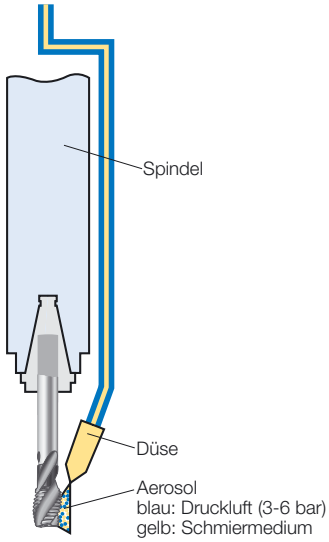
Bei der Minimalmengenschmierung wird der Schmierstoff mit Luft vermischt und trifft als Aerosol auf die Wirkstelle. Die Zuführung des Aerosols an die Wirkstelle kann auf zwei Arten erfolgen:

- Zuführung von außen (extern)
- Zuführung durch das Werkzeug (intern)

#### 6.7.1.1 Externe Zuführung

Bei der äußeren Zuführung wird das Werkzeug über extern angebrachte Sprühdüsen benetzt (siehe untenstehendes Bild). Das Aerosol wird meist unmittelbar an der Düse erzeugt und die Öltröpfchen werden mit oder ohne Luftunterstützung in Richtung des Werkzeugs beschleunigt. Bevorzugt werden bei diesen Systemen Partikel mit größeren Durchmessern erzeugt, um die größere kinetische Energie der Tröpfchen zum Benetzen des Werkzeugs und Werkstücks nutzen zu können. Bei hohen Umfangsgeschwindigkeiten des Werkzeugs ist das um das Werkzeug rotierende Luftpolster ebenfalls zu durchdringen, um an die Wirkstelle zu gelangen.

**MMS-System mit externer Zuführung:**



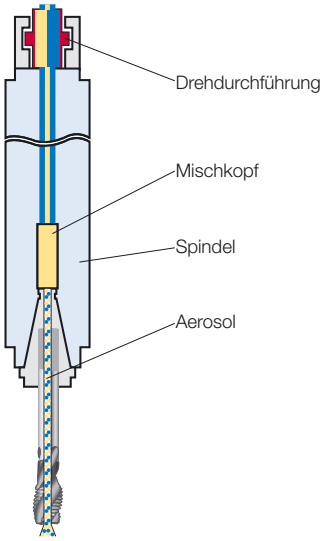

| Vor- und Nachteile der äußeren MMS-Zuführung | |
|---|---|
| **Vorteile** | **Nachteile** |
| • geringer Nachrüstaufwand | • Längen-/Durchmesser-Verhältnis (L/D) bei Bohroperationen < 2 |
| • keine Anpassung an Werkzeugmaschinen-Steuerung notwendig | • unterschiedliche Werkzeuglängen werden bei automatischem Werkzeugwechsel nicht berücksichtigt |
| • kontinuierliche Schmierstoffzuführung | • Aerosolverluste durch Sprühstrahlaufweitung (Überdosierung) |
| • preiswerte Anlagen verfügbar | |

### 6.7.1.2 Interne Zuführung

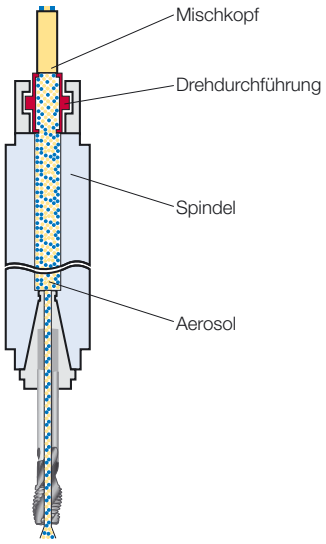
Die Minimalmengenschmierung mit interner Zuführung basiert immer auf der Zufuhr eines Luft-/Schmierstoffgemisches durch das Werkzeug. Das Aerosol wird bei diesen Systemen mit Unterstützung von Druckluft erzeugt. Es werden verschiedene konstruktive Ausführungen von inneren MMS-Systemen angeboten, die sich durch den Ort der Aerosolerzeugung unterscheiden. Eine Möglichkeit der Aerosolerzeugung ist die Zerstäubung und Aufbereitung in einem separaten Behälter und den Transport des Aerosols über eine Leitung an den Spindelkopf. Die Zufuhr zur Wirkstelle erfolgt durch eine für Minimalmengen geeignete Drehdurchführung, die Spindel, das Spannsystem und schließlich durch das Werkzeug.
Modernere MMS-Systeme beruhen auf der Aerosolerzeugung direkt am Spindelkopf oder einer Verlagerung der Zerstäubung in die Spindel, unmittelbar vor das Werkzeugspannsystem.

**MMS-System mit interner Zuführung:**

Aerosolerzeugung in der Werkzeugmaschinen-Spindel




Aerosolerzeugung außerhalb der Werkzeugmaschinen-Spindel vor Drehdurchführung




Bei allen inneren MMS-Systemen muss durch konstruktive Maßnahmen eine Entmischung des Aerosols bei der Zuführung vermieden werden. So ist darauf zu achten, dass keine hervorstehenden Kanten, abrupte Querschnittsübergänge, enge Radien oder Toträume die Strömung des Aerosols behindern. Auch werkzeug- und aufnahmeseitig muss ein möglichst störungsfreies Strömungsverhalten sichergestellt werden. Aus diesem Grund bieten Werkzeughersteller Werkzeuge und Werkzeugaufnahmen an, die speziell auf die Anforderungen der MMS-Technologie abgestimmt sind.

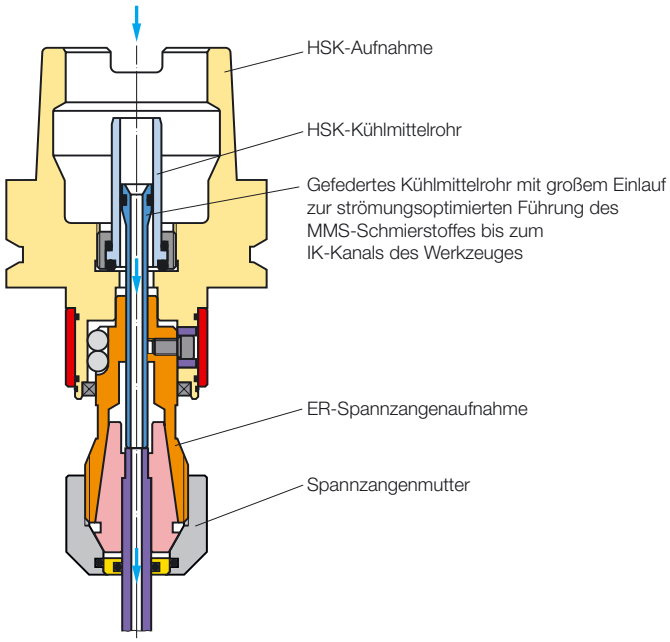


# Kühlschmierstoffe

Nachfolgend ist beispielhaft eine Werkzeugaufnahme für MMS dargestellt.

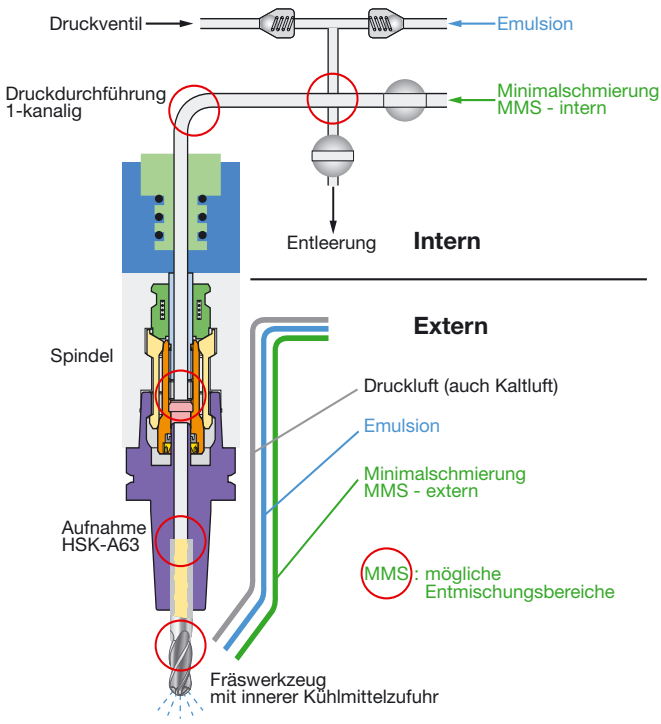
**Gewindeschneidfutter KSN/Softsynchro mit ER-Spannzange und Gewindebohrer für Minimalmengenschmierung:**






Nachfolgend ist schematisch der Aufbau eines Kühlschmierstoff-/MMS-Systems bei einem modernen Bearbeitungszentrum dargestellt. Die roten Kreise bezeichnen dabei kritische Stellen der internen MMS-Anlage, an denen es zu einer Entmischung des Aerosols kommen kann.

**Schematische Darstellung von Kühlschmierstoff-, MMS- und Luft-Zuführung eines modernen Bearbeitungszentrums und mögliche MMS-Entmischungsbereiche (rote Kreise)**







### 6.7.1.3 MMS-Schmierstoffe

#### Mineralölraffinate

Die direkt aus Erdöl gewonnenen Mineralölraffinate bilden derzeit, in erster Linie aus wirtschaftlichen Gründen, noch den Hauptanteil der verwendeten Kohlenwasserstoff-Basisflüssigkeiten. Mit Hilfe verschiedener physikalischer und chemischer Verfahren werden aus dem Rohöl Mineralölfraktionen gewonnen, die überwiegend aus gesättigten Kohlenwasserstoffen bestehen. Das breite Spektrum von Struktur und Größe der Kohlenwasserstoffmoleküle einer Mineralölfraktion bedingt eine vergleichsweise hohe Verdampfungsneigung, die auch nicht durch die Zugabe von Additiven beeinflusst werden kann.

#### Hydrocracköle

Eine Methode zur Veredelung der Erdölkohlenwasserstoffe besteht in der Herstellung von Hydrocrackölen. Dazu werden Rohparaffin oder auch der Rückstand der Vakuumdestillation in Gegenwart von Wasserstoff und mit Hilfe von Katalysatoren bei Temperaturen bis zu 450 °C und Drücken bis zu 300 bar in kürzere Moleküle gespalten. Da mit diesem Prozess aus Verbindungen mit schlechten Viskositäts-Temperatur-Verhalten und geringer Schmierfähigkeit solche mit günstigeren Eigenschaften erzeugt werden, zeichnen sich diese Produkte im Vergleich zu Mineralölen durch einen höheren Viskositätsindex und eine bessere Schmierfähigkeit aus. Ein weiterer Vorteil der Hydrocracköle liegt in ihrer geringeren Verdampfungs- und Vernebelungsneigung, durch die Kohlenwasserstoffemissionen am Arbeitsplatz reduziert werden können.

#### Polyalphaolefine

Vergleichbar mit Hochleistungs-Motorenölen können eine minimale Verdunstung, ein hoher Flammpunkt bei niedriger Viskosität sowie eine ausgezeichnete Scher- und Alterungsstabilität auch bei Hochleistungs-Kühlschmierstoffen nur durch die Verwendung synthetischer Polyalphaolefine (PAO) erreicht werden. Durch ihre einheitliche Zusammensetzung ist die Verdunstungsneigung von PAO wesentlich geringer als die vergleichbarer Mineral- oder Hydrocracköle, auch die Vernebelungsneigung ist verringert. Schmierstoffe auf der Basis von PAO sind bei geeigneter Formulierung biologisch abbaubar.

#### Esteröle

Neben Kohlenwasserstoffen werden auch Carbonsäureester als Basisflüssigkeiten verwendet. Diese können in synthetische und natürliche (Pflanzenöle, tierische Fette) unterteilt werden. Ihre Verdampfungsneigung ist noch geringer als die der PAO's. Natürliche Ester sind gut biologisch abbaubar, allerdings ist ihre Alterungsbeständigkeit gering. Da die Minimalmengenschmierung eine Verlustschmierung ist, enthalten MMS-Schmierstoffe für die Zerspanung mit bestimmter Schneide oft Pflanzenöle.
MMS-Schmierstoffe auf der Basis synthetischer Ester haben eine erhöhte Stabilität gegen Oxidation, da hier Produkte von hohem Reinheitsgrad verfügbar sind. Allerdings sind diese Verbindungen oft nicht mehr so gut biologisch abbaubar.
Ein grundsätzliches Problem der Schmierstoffe auf Esterbasis ist ihre geringe Verträglichkeit mit Elastomeren und Lacken. Besonders niedrigviskose Ester verhalten sich vielen Dichtungs- und Isolierstoffen gegenüber aggressiv.

#### Fettalkohole

Häufig werden zur Minimalmengenschmierung bei der Zerspanung langkettige Alkohole, sog. Fettalkohole, verwendet. Die Schmierwirkung dieser Verbindungen liegt zwischen derjenigen von Kohlenwasserstoffen und Carbonsäureestern, die Verdampfungsneigung ist relativ hoch, so dass bei ihrer Verwendung ein gewisser Kühleffekt erzielt werden kann.

Bei der Auswahl eines geeigneten MMS-Schmiermittels sind die Empfehlungen der Hersteller zu Grunde zu legen. Auf Grund der vielfältigen Einflussgrößen von den Bearbeitungsverfahren, MMS-Technologie sowie eingesetztem Werkzeug sind allerdings oftmals aufwendige Versuche zur Ermittlung des optimalen Schmierstoffes und der Einstellung der MMS-Anlage nötig.





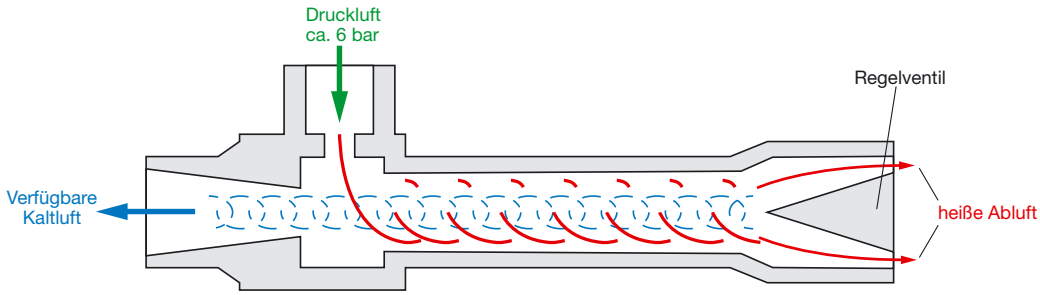
## 6.7.2 Trockenbearbeitung – Bearbeitung mit gekühlter Druckluft

Die wohl konsequenteste Entwicklung bei dem Versuch, den Einsatz von Kühlschmierstoffen zu reduzieren stellt die reine (echte) Trockenbearbeitung dar. Zum Einsatz kommen dabei in der Regel Werkzeuge aus Feinstkorn-Hartmetall (siehe **Kapitel 4**) mit glatten, reibungsarmen Verschleißschutzschichten und teilweise zusätzlichen Gleitschichten (Schmierwirkung, Einlaufverhalten). Durch die reibungsoptimierten Verschleißschutzschichten dringt weniger Zerspanungswärme in das Werkzeug, die Wärme wird überwiegend über den Span abgeführt. Insbesondere beim Bohren verbessern aufgebrachte Gleitschichten das Einlaufverhalten.

Weiterentwicklungen im Bereich von Schneidstoffen, Makro- und Mikrogeometrie der Werkzeuge sowie der Beschichtungstechnologie werden in Zukunft zu einer deutlichen Verbreitung der Trockenbearbeitung führen.

Eine in der Praxis häufig eingesetzte Möglichkeit, Werkzeug und Wirkstelle bei der Trockenbearbeitung zu kühlen und eine reibungslose Spanabfuhr sicherzustellen, wird durch die Verwendung von Druckluft erreicht. Bei Druckluftzufuhr von außen und von außen erreichbaren Schneiden (z.B. Fräsen) kommen häufig Kaltluftdüsen zum Einsatz, die nach dem Wirbelrohrprinzip (Ranque- oder Vortex-Prinzip) arbeiten.
In einem Wirbelrohr wird Druckluft aus dem Leitungsnetz (ca. 6 bar) in zwei gegenläufige Luftwirbel umgeleitet. Dabei findet ein Energieaustausch zwischen dem äußeren und inneren Luftwirbel statt. Während der äußere Luftwirbel erhitzt wird und durch das hintere Ende entweicht, kühlt sich der innere Luftwirbel ab und verlässt das Wirbelrohr am vorderen Ende. Über ein Regelventil am hinteren Ende kann der Anteil an Warm- und Kaltluft und somit auch die erreichbare Temperatur eingestellt werden. Mit dem Absenken der Austrittstemperatur nimmt allerdings auch der nutzbare Volumenstrom (Druck) ab. Durch dieses Prinzip arbeitet die Kaltlüftdüse ohne bewegliche Teile und ohne Zufuhr von weiterer Energie.

**Wirkprinzip der Kaltluftdüse – schematische Darstellung:**





## 7.1 Fachliteratur

1. **Firmenunterlagen:**
**Technische Unterlagen der Firmen Ideanova AG / Liechtenstein, Molyduval GmbH / Ratingen, Öl-Held GmbH / Stuttgart, Steidle GmbH / Leverkusen, Wunsch Öle GmbH / Ratingen**
(öffentlich zugängliche Unterlagen über Internet).

2. **Unterlagen des Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitsschutz / Sankt Augustin**
(öffentlich zugängliche Unterlagen über Internet).

3. **Unterlagen des Umweltbundesamtes / Berlin**
(öffentlich zugängliche Unterlagen über Internet).

4. **Mario Hüneke:**
**Laborbericht Kühlschmierstoffe**
2000, Fachhochschule Bremen.

5. **Dr.-Ing. R. Bartl:**
**Trockenbearbeitung prismatischer Teile**
Januar 1996, Wissenschaftliche Berichte FZKA-PFT 177.

### Richtlinien und Normen:

6. **VDI 3035**
**Anforderungen an Werkzeugmaschinen, Fertigungsanlagen und periphere Einrichtungen beim Einsatz von Kühlschmierstoffen (09/1997).**

7. **VDI 3397**
Blatt 1: Kühlschmierstoffe für die spanende Fertigung (05/1995);
Blatt 2: Pflege von Kühlschmierstoffen für die Metallbe- und verarbeitung
Maßnahmen zur Qualitätserhaltung, Abfall- und Abwasservermeidung (Entwurf 10/2003);
Blatt 3: Entsorgung von Kühlschmierstoffen (Entwurf 07/1999).

8. **DIN 51502**
**Schmierstoffe und verwandte Stoffe**
Kurzbezeichnung der Schmierstoffe und Kennzeichnung der Schmierstoffbehälter, Schmiergeräte und Schmierstellen (08/1990).

9. **DIN 51521**
**Kühlschmierstoffe**
Wassermischbare Kühlschmierstoffe SE – Anforderungen (03/1999).

10. **DIN 51385**
**Schmierstoffe**
Kühlschmierstoffe – Begriffe (06/1991).

11. **TRGS 611**
**Technische Regeln für Gefahrstoffe**
Verwendungsbeschränkungen für wassermischbare bzw. wassergemischte Kühlschmierstoffe, bei deren Einsatz N-Nitrosamine auftreten können (10/2002).

12. **TRGS 220**
**Technische Regeln für Gefahrstoffe – Sicherheitsdatenblatt (04/2002)**

13. **Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen**
**GefStoffV (10/1993)**



# Kühlschmierstoffe

# Kernlochbohren



Seite


**7.1 Übersicht . . . . . 162**

**7.2 Kurzbeschreibung der EMUGE-Spiralbohrer und -Stufenbohrer . . . . . 163**

**7.3 Nomenklatur . . . . . 166**

7.3.1 Benennungen und Definitionen nach DIN ISO 5419 . . . . . 166

7.3.2 Technische Lieferbedingungen . . . . . 167

7.3.3 Baumaße . . . . . 168

7.3.4 Anschliff-Formen . . . . . 168

**7.4 Bestimmung von Schnittkraft, Drehmoment und Leistung . . . . . 169**

**7.5 Richtwerte für Schnittgeschwindigkeit und Vorschub . . . . . 170**

**7.6 Fehler, Ursachen und Abhilfe . . . . . 178**

**7.7 Fachliteratur . . . . . 179**

# Kernlochbohren

## 7.1 Übersicht

**Verfahrensmerkmale:**

- spanendes Verfahren
- Innenbearbeitung
- geeignet für alle Werkstoffe
- HSS-E und Hartmetall als Schneidstoff

**Voraussetzungen:**

- beim Schneidstoff Hartmetall hohe Leistungsdaten und genaue Spannung erforderlich



| Vorteile | Nachteile |
|---|---|
| • hohe Zerspanungsleistung<br>• hohe Schnittgeschwindigkeit<br>• einfache Maschinen | • Geometrie (Durchmesser) festgelegt<br>• Form festgelegt |

## 7.2 Kurzbeschreibung der EMUGE-Spiralbohrer und -Stufenbohrer

EMUGE-Spiralbohrer decken praktisch alle Bearbeitungsaufgaben beim Vorbohren des Gewindekernloches ab. Die Durchmesser der Spiralbohrer sind abgestimmt auf die Vorbohrdurchmesser für das Gewindefurchen, die der Stufenbohrer auf die Vorbohrdurchmesser für das Gewindebohren und Gewindefurchen. Die richtigen Vorbohrdurchmesser für das Gewindebohren können aus **Kapitel 8.4.2**, für das Gewindefurchen aus **Kapitel 9.4.4** entnommen werden.



| **HSS-E-Spiralbohrer - extra kurz** | **DIN 1897** |
|---|---|
| Werkstoffe: | • Stahl bis max. Zugfestigkeit von 1000 N/mm2<br>• rostfreier Stahl<br>• AlSi- und AlCu-Legierungen<br>• Bronze weich<br>• Messing zäh |
| Beschreibung: | • universell einsetzbarer Spiralbohrer<br>• Kernlochtiefen von 3 x D<br>• Spitzenanschliff Form U (130°) für gute Spanbildung<br>• erhöhter Seelendurchmesser für guten Spantransport und größere Stabilität<br>• erhöhter Seitenspanwinkel (40°, normal: 20-30°) für guten Spantransport |
| Toleranz: | h8 |
| Oberfläche: | – |



| **HSS-E-Spiralbohrer - extra kurz - TIN** | **DIN 1897** |
|---|---|
| Werkstoffe: | • Stahl bis max. Zugfestigkeit von 1300 N/mm2<br>• rostfreier Stahl<br>• AlSi- und AlCu-Legierungen<br>• Bronze weich<br>• Messing zäh |
| Beschreibung: | • Kernlochtiefen von 3 x D<br>• Sonderanschliff Form UX (130°) für gute Zentrierung und kurze Späne<br>• für langspanende Werkstoffe<br>• für schwierige Bearbeitungen<br>• für höhere Schnittgeschwindigkeiten |
| Toleranz: | h8 |
| Oberfläche: | • TiN |

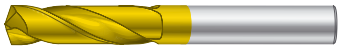
# Kernlochbohren



| HSS-Spiralbohrer - kurz | DIN 338 |
|---|---|
| Werkstoffe: | • Stahl bis max. Zugfestigkeit von 1000 N/mm²<br>• rostfreier Stahl<br>• AlSi- und AlCu-Legierungen<br>• Bronze weich<br>• Messing zäh |
| Beschreibung: | • universell einsetzbarer Spiralbohrer<br>• Kernlochtiefen von 5 x D ohne Lüften<br>• Spitzenanschliff Form U für gute Spanbildung<br>• erhöhter Seelendurchmesser für guten Spantransport und größere Stabilität<br>• erhöhter Seitenspanwinkel (40°, normal: 20-30°) für guten Spantransport |
| Toleranz: | h8 |
| Oberfläche: | – |

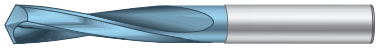


| HSS-E-Spiralbohrer - kurz - TIN | DIN 338 |
|---|---|
| Werkstoffe: | • Stahl bis max. Zugfestigkeit von 1300 N/mm²<br>• rostfreier Stahl<br>• AlSi- und AlCu-Legierungen<br>• Bronze weich<br>• Messing zäh |
| Beschreibung: | • Kernlochtiefen von 5 x D ohne Lüften<br>• Sonderanschliff Form UX (130°) für gute Zentrierung und kurze Späne<br>• für langspanende Werkstoffe<br>• für schwierige Bearbeitungen<br>• für höhere Schnittgeschwindigkeiten |
| Toleranz: | h8 |
| Oberfläche: | • TiN |



| VHM-Spiralbohrer - TIN | DIN 6539 |
|---|---|
| Werkstoffe: | • Stahl bis max. Zugfestigkeit von 1300 N/mm²<br>• rost-, säure- und hitzebeständige Stähle<br>• Grauguss |
| Beschreibung: | • VHM = Vollhartmetall<br>• Kernlochtiefen von 3 x D ohne Lüften<br>• Sonderanschliff und erhöhter Kerndurchmesser<br>• für schwierige Bearbeitungen<br>• für sehr hohe Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe |
| Toleranz: | h7 (Schaft h6) |
| Oberfläche: | • TiN |

# Kernlochbohren



| VHM-HCUT-Spiralbohrer - TIALN | Werksnorm |
|---|---|
| Werkstoffe: | • gehärtete Stähle von 50-70 HRC |
| Beschreibung: | • VHM = Vollhartmetall<br>• speziell entwickelt zur Bearbeitung von gehärteten Stählen<br>• wirtschaftliche Alternative zum Erodieren<br>• spezielle Nutform und erhöhter Kerndurchmesser<br>• hohe Torsionssteifigkeit |
| Toleranz: | Schneidteil m7 (Schaft h6) |
| Oberfläche: | • TiAlN |



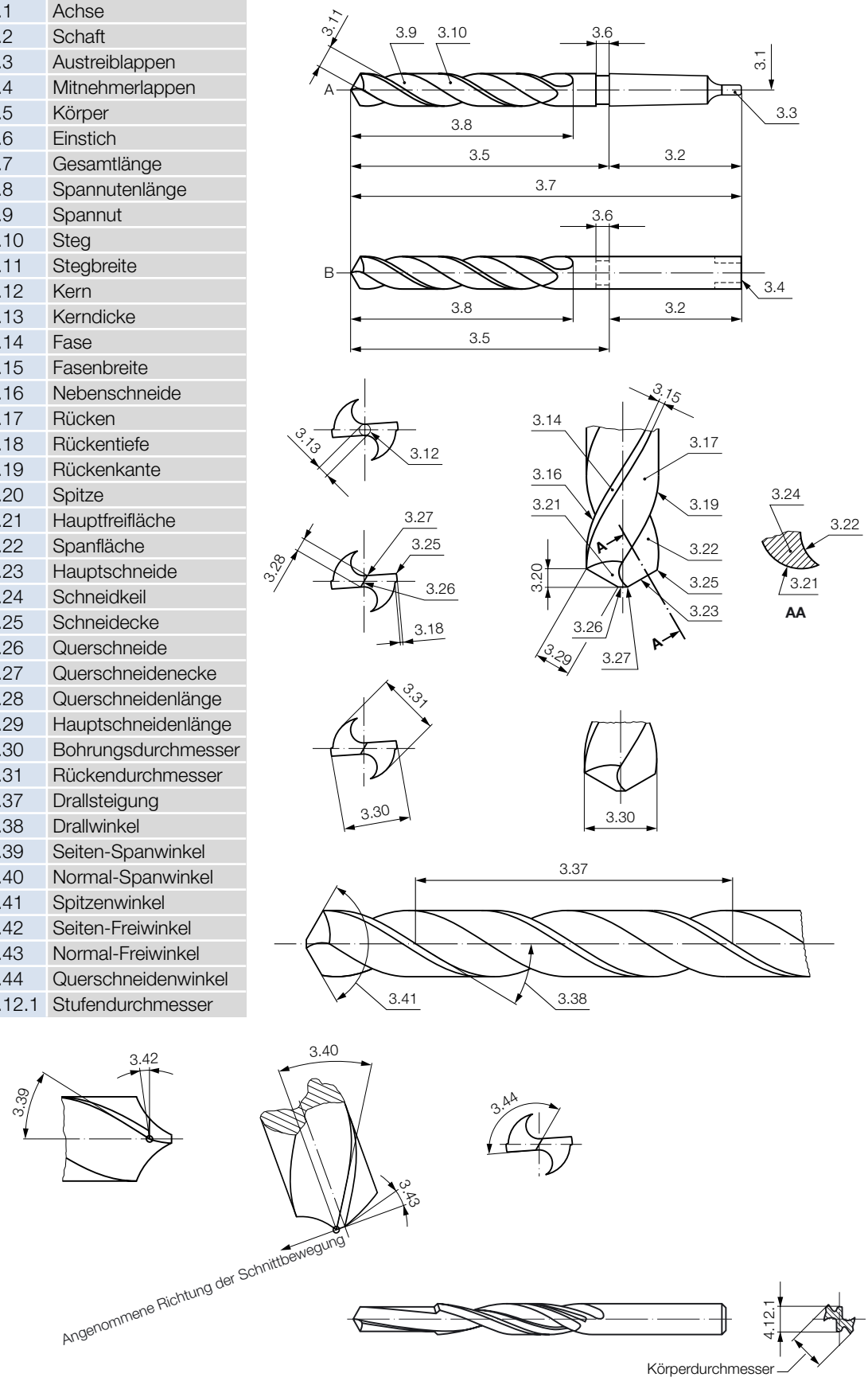
| VHM-Stufenbohrer - TIN | |
|---|---|
| Werkstoffe: | • Stahl bis max. Zugfestigkeit von 1300 N/mm$^2$, Stahlguss<br>• Grau-, Sphäro- und Temperguss<br>• Al-Legierungen |
| Beschreibung: | • VHM = Vollhartmetall<br>• Bohren und Anfasen von Gewindekernlöchern in einem Arbeitsgang<br>• Spitzenanschliff 140°<br>• Senkstufe 90°<br>• Stufenlänge nach DIN 8378 |
| Toleranz: | Schneidteil h8 (Schaft h6) |
| Oberfläche: | • TiN-T1 |

# Kernlochbohren

## 7.3 Nomenklatur

### 7.3.1 Benennungen und Definitionen nach DIN ISO 5419

| | |
|---|---|
| 3.1 | Achse |
| 3.2 | Schaft |
| 3.3 | Austreiblappen |
| 3.4 | Mitnehmerlappen |
| 3.5 | Körper |
| 3.6 | Einstich |
| 3.7 | Gesamtlänge |
| 3.8 | Spannutenlänge |
| 3.9 | Spannut |
| 3.10 | Steg |
| 3.11 | Stegbreite |
| 3.12 | Kern |
| 3.13 | Kerndicke |
| 3.14 | Fase |
| 3.15 | Fasenbreite |
| 3.16 | Nebenschneide |
| 3.17 | Rücken |
| 3.18 | Rückentiefe |
| 3.19 | Rückenkante |
| 3.20 | Spitze |
| 3.21 | Hauptfreifläche |
| 3.22 | Spanfläche |
| 3.23 | Hauptschneide |
| 3.24 | Schneidkeil |
| 3.25 | Schneidecke |
| 3.26 | Querschneide |
| 3.27 | Querschneidenecke |
| 3.28 | Querschneidenlänge |
| 3.29 | Hauptschneidenlänge |
| 3.30 | Bohrungsdurchmesser |
| 3.31 | Rückendurchmesser |
| 3.37 | Drallsteigung |
| 3.38 | Drallwinkel |
| 3.39 | Seiten-Spanwinkel |
| 3.40 | Normal-Spanwinkel |
| 3.41 | Spitzenwinkel |
| 3.42 | Seiten-Freiwinkel |
| 3.43 | Normal-Freiwinkel |
| 3.44 | Querschneidenwinkel |
| 4.12.1 | Stufendurchmesser |



## 7.3.2 Technische Lieferbedingungen

### Bezeichnungsbeispiele nach DIN 1414-1

**Extra kurze Spiralbohrer:**

Bohrer DIN 1897 – 11,2 – HSS-E

- Extra kurzer Spiralbohrer mit Zylinderschaft
- Schneidendurchmesser
- Legierungsgruppe des Schnellarbeitsstahls

**Kurze Spiralbohrer:**

Bohrer DIN 338 – 5,55 L – H – 140 – B – ML – HSS-E

- Kurzer Spiralbohrer mit Zylinderschaft
- Schneidendurchmesser
- Linksschneidend
- Werkzeug-Anwendungsgruppe
- Spitzenwinkel
- Anschliff-Form
- Mitnehmer
- Legierungsgruppe des Schnellarbeitsstahls

### Bezeichnungsbeispiel nach DIN 6540

**Vollhartmetall-Spiralbohrer:**

Bohrer DIN 6539 – 9,3

- Vollhartmetall-Spiralbohrer mit durchgehendem Schaft
- Schneidendurchmesser

## 7.3.3 Baumaße

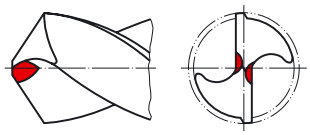
Die Baumaße nach DIN beziehen sich in erster Linie auf die Baulänge der Spiralbohrer und die Schaftausführungen. Aus Stabilitätsgründen sind kurze Spiralbohrer den längeren Ausführungen vorzuziehen, wenn die Bohrtiefe es zulässt.

**DIN-Übersicht**

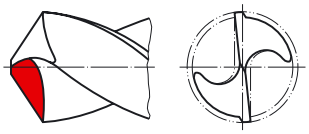
| DIN | Bohrtiefe | Schaftausführung |
|---|---|---|
| 1897 | 3 x D | zylindrisch |
| 338 | 5 x D | zylindrisch |
| 340 | 10 x D | zylindrisch |
| 1869 | 15 x D | zylindrisch |
| 345 | 5 x D | Morsekegel |
| 346 | 5 x D | Morsekegel |
| 341 | 10 x D | Morsekegel |
| 1870 | 15 x D | Morsekegel |

## 7.3.4 Anschliff-Formen

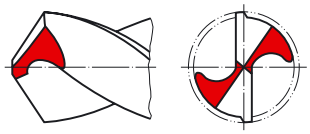
**Form A: Ausgespitzte Querschneide**



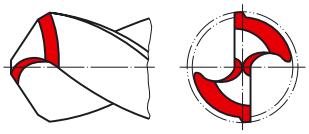
**Form B: Ausgespitzte Querschneide mit korrigierter Hauptschneide**



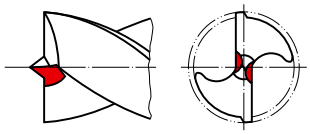
**Form C: Kreuzanschliff**



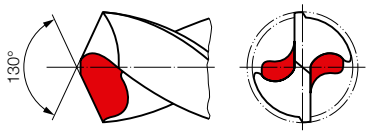
**Form D: Anschliff für Grauguss**



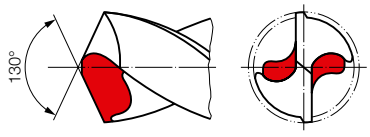
**Form E: Zentrumspitze**



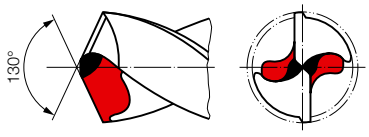
**Form U:**




**Form UX:**




bis Ø ≤ 14,0

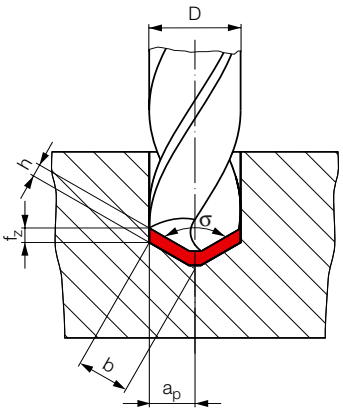



über Ø = 14,0

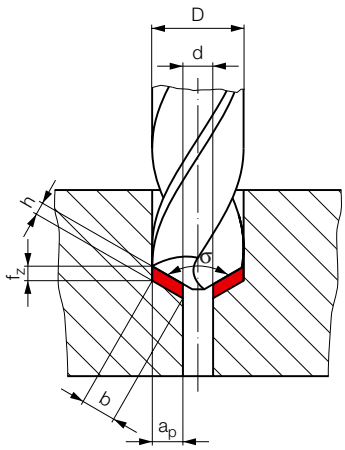
## 7.4 Bestimmung von Schnittkraft, Drehmoment und Leistung

Kernlochbohren mit einem Spiralbohrer mit 2 Schneiden:

**Bohren ins Volle:**




**Aufbohren:**




| Bezeichnung | Kurz-zeichen | Einheit | Formel Bohren ins Volle | Formel Aufbohren | Beispiel Bohren ins Volle |
|---|---|---|---|---|---|
| Vorschub pro Zahn | $f_z$ | mm | | | |
| Vorschub pro Umdrehung | f | mm | $f = 2 \cdot f_z$ | | $f_z$ = 0,05 mm<br>f = 0,1 mm |
| Spanungsdicke | h | mm | $h = f_z \cdot \sin \frac{\sigma}{2}$ | | σ = 90°<br>$f_z$ = 0,05 mm<br>h = 0,035 mm |
| Schnitttiefe | $a_p$ | mm | $a_p = \frac{D}{2}$ | $a_p = \frac{D-d}{2}$ | D = 8,5 mm<br>$a_p$ = 4,25 mm |
| Schnittkraft | $F_c$ | N | $F_c = \frac{f \cdot D}{2} \cdot k_c$ | $F_c = \frac{f \cdot (D-d)}{2} \cdot k_c$ | f = 0,1 mm<br>D = 8,5 mm<br>$k_c$ = 2.100 N/mm²<br>$F_c$ = 892,5 N |
| Drehmoment | $M_c$ | Nm | $M_c = \frac{f \cdot D^2}{8000} \cdot k_c$ | $M_c = \frac{f \cdot (D-d) \cdot (D+d) \cdot k_c}{8000}$ | f = 0,1 mm<br>D = 8,5 mm<br>$k_c$ = 2.100 N/mm²<br>$M_c$ = 1,9 Nm |
| Leistung | $P_c$ | kW | $P_c = \frac{f \cdot D \cdot k_c \cdot v_c}{24 \cdot 10^4} = \frac{f \cdot D^2 \cdot k_c \cdot \pi \cdot n}{24 \cdot 10^7}$ | $P_c = \frac{f \cdot (D-d) \cdot (D+d) \cdot k_c \cdot v_c}{24 \cdot 10^4 \cdot D} = \frac{f \cdot (D-d) \cdot (D+d) \cdot k_c \cdot \pi \cdot n}{24 \cdot 10^7}$ | f = 0,1 mm<br>D = 8,5 mm<br>$v_c$ = 15 m/min<br>n = 562 min$^{-1}$<br>$k_c$ = 2.100 N/mm²<br>$P_c$ = 0,1116 kW |

Die spezifische Schnittkraft $k_c$ berechnet sich nach **Kapitel 1.3**.

## 7.5 Richtwerte für Schnittgeschwindigkeit und Vorschub

| Hauptgruppe / Untergruppe | | | Beispiel | Nr. | Zugfestigkeit Rm [N/mm²] Härte [HB/HRC/HV] |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | **Stahlwerkstoffe** | | | | |
| 1.1 | Kaltfließpressstähle, Magnetweicheisen | ≤ 400 N/mm² | Q-St37-3<br>R-Fe80 | 1.0123<br>1.1014 | |
| 1.2 | Automatenstähle, Allgemeine Baustähle | ≤ 600 N/mm² | 9SMnPb28<br>St37-2 | 1.0718<br>1.0037 | 500-700 N/mm²<br>340-470 N/mm² |
| 1.3 | Automatenstähle, Baustähle, Legierte Stähle, Stahlguss | ≤ 850 N/mm² | St70-2<br>GS-25CrMo4 | 1.0070<br>1.7218 | 700-900 N/mm²<br>650-950 N/mm² |
| 1.4 | Einsatzstähle, Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Kaltarbeitsstähle | ≤ 1100 N/mm² | 16MnCr5<br>Ck45<br>100Cr6 | 1.7131<br>1.1191<br>1.3505 | 500-700 N/mm²<br>600-800 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 1.5 | Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Warmarbeitsstähl, Gehärtete Stähle ≤ 44 HRC Kaltarbeitsstähle, | ≤ 1400 N/mm² | 42CrMo4V<br>X30WCrV5-3<br>X38CrMoV5-3<br>X155CrVMo12-1 | 1.7225<br>1.2567<br>1.2367<br>1.2379 | 1200-1400 N/mm²<br>1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm² |
| 1.6 | Gehärtete Stähle | > 44 - 55 HRC | 55NiCrMoV6 | 1.2713 | 47-52 HRC |
| 1.7 | Gehärtete Stähle | > 55 - 60 HRC | 45WCrV7 | 1.2542 | 56-57 HRC |
| 1.8 | Gehärtete Stähle | > 60 - 63 HRC | X155CrVMo12-1 | 1.2379 | 60-63 HRC |
| 1.9 | Gehärtete Stähle | > 63 - 66 HRC | X210CrW12 | 1.2436 | 63-64 HRC |
| 1.10 | Rostbeständige Stähle, Säurebeständige Stähle, Hitzebeständige Stähle | ≤ 850 N/mm² | X10NiCrAlTi32-20 [INCOLOY800]<br>X12CrNiTi18-9<br>X6CrNiMoTi17-12-2 | 1.4876<br>1.4878<br>1.4571 | 610-850 N/mm²<br>500-700 N/mm²<br>500-730 N/mm² |
| 1.11 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1100 N/mm² | X45SiCr4 | 1.4704 | 900-1100 N/mm² |
| 1.12 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1400 N/mm² | X5NiCrTi26-15 | 1.4980 | 1200 N/mm² |
| 1.13 | Stahl-Sonderwerkstoffe | | FerroTiC<br>Hardox500 | | 800-900 N/mm²<br>1300-1400 N/mm² |
| **2** | **Gusswerkstoffe** | | | | |
| 2.1 | Gusseisen | | GG 20<br>GG 30 | 0.6020<br>0.6030 | 120-220 HB<br>220-270 HB |
| 2.2 | Gusseisen mit Kugelgraphit | | GGG 40<br>GGG 70 | 0.7040<br>0.7070 | 400 N/mm²<br>700-1050 N/mm² |
| 2.3 | Gusseisen mit Vermikulargraphit | | GGV(80%Perlit)<br>GGV(100%Perlit) | | 220 HB<br>230 HB |
| 2.4 | Temperguss | | GTW 40<br>GTS 65 | 0.8040<br>0.8165 | 360-420 N/mm²<br>580-650 N/mm² |
| 2.5 | Hartguss | ≤ 400 HB | | | -400 HB |
| **3** | **Kupfer, Kupferlegierungen, Bronze, Messing** | | | | |
| 3.1 | Reinkupfer und niedrigleg. Kupfer | ≤ 500 N/mm² | E-Cu | 2.0060 | 250-350 N/mm² |
| 3.2 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) | | CuZn40 [Ms60]<br>CuZn37 [Ms63] | 2.0360<br>2.0321 | 340-490 N/mm²<br>310-550 N/mm² |
| 3.3 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) | | CuZn39Pb2 [Ms58] | 2.0380 | 380-500 N/mm² |
| 3.4 | Kupfer-Alu-Legierungen (Alubronze langspanend) Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze langspanend) | | CuAl10Ni | 2.0966 | 500-800 N/mm² |
| 3.5 | Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze kurzspanend) | | GCuSn5ZnPb [Rg5]<br>GCuSn7ZnPb [Rg7] | 2.1096<br>2.1090 | 150-300 N/mm²<br>150-300 N/mm² |
| 3.6 | Kupfer-Sonderlegierungen bis Q18 | | Ampco16 | | 630 N/mm² |
| 3.7 | Kupfer-Sonderlegierungen über Q18 | | Ampco20 | | 600 N/mm² |
| **4** | **Nickel-/Kobalt-Legierungen** | | | | |
| 4.1 | Nickel-/Kobalt-Leg. warmfest | ≤ 850 N/mm² | NiCu30Fe [MONEL400] | 2.4360 | 420-610 N/mm² |
| 4.2 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest | 850-1400 N/mm² | NiCr19NbMo [INCONEL718] | 2.4668 | 850-1190 N/mm² |
| 4.3 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest | >1400 N/mm² | Haynes 25 (L605) | | 1550-2000 N/mm² |
| **5** | **Aluminiumlegierungen** | | | | |
| 5.1 | Alu-Knetlegierungen | | Al 99,5 [F13]<br>AlCuMg1 [F39] | 3.0255<br>3.1325 | 100-250 N/mm²<br>300-500 N/mm² |
| 5.2 | Alu-Gusslegierungen Si ≤ 5% | | G-AlMg3 | 3.3541 | 130-190 N/mm² |
| 5.3 | Alu-Gusslegierungen 5% < Si ≤ 12% | | GD-AlSi9Cu3<br>GD-AlSi12 | 3.2163<br>3.2582 | 240-310 N/mm²<br>220-300 N/mm² |
| 5.4 | Alu-Gusslegierungen 12% < Si | | G-AlSi17Cu4 | | 180-250 N/mm² |
| **6** | **Magnesiumlegierungen** | | | | |
| 6.1 | Magnesium-Knetlegierungen | | MgAl6 | 3.5662 | 300-500 N/mm² |
| 6.2 | Magnesium-Gusslegierungen | | GMgAl9Zn1 | 3.5912 | 300-500 N/mm² |
| **7** | **Titan, Titanlegierungen** | | | | |
| 7.1 | Reintitan, Titanlegierungen | ≤ 900 N/mm² | Ti3 [Ti99.4]<br>TiAl6V4 | 3.7055<br>3.7164 | 700 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 7.2 | Titanlegierungen | 900-1250 N/mm² | TiAl4Mo4Sn2 | 3.7185 | 900-1250 N/mm² |
| **8** | **Kunststoffe** | | | | |
| 8.1 | Duroplaste (kurzspanend) | | BAKELIT | | 110 N/mm² |
| 8.2 | Thermoplaste (langspanend) | | HOSTALEN | | 80 N/mm² |
| 8.3 | Faserverstärkte Kunststoffe | | CFK / GFK / AFK | | 800-1500 N/mm² |
| **9** | **Werkstoffe für bes. Anwendungen** | | | | |
| 9.1 | Graphit | | C-8000 | | 60 N/mm² |
| 9.2 | Wolfram-Kupfer-Legierungen | | W-Cu 80/20 | | 230-250 HV |

# Kernlochbohren

**HSS-E-Spiralbohrer - extra kurz**



**HSS-E-Spiralbohrer - extra kurz - TIN**



| Schnitt-geschwin-digkeit $v_c$ [m/min] | Vorschub f [mm] für Bohrerdurchmesser | | | Schnitt-geschwin-digkeit $v_c$ [m/min] | Vorschub f [mm] für Bohrerdurchmesser | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3-5 mm | 5-8 mm | 8-11 mm | | 3-5 mm | 5-8 mm | 8-11 mm |
| | | | | 40 | 0,09 - 0,16 | 0,15 - 0,26 | 0,25 - 0,36 |
| | | | | 40 | 0,09 - 0,16 | 0,15 - 0,26 | 0,25 - 0,36 |
| 25 | 0,04 - 0,08 | 0,07 - 0,14 | 0,13 - 0,19 | 40 | 0,09 - 0,16 | 0,15 - 0,26 | 0,25 - 0,36 |
| 25 | 0,04 - 0,08 | 0,07 - 0,14 | 0,13 - 0,19 | 35 | 0,07 - 0,13 | 0,12 - 0,21 | 0,20 - 0,29 |
| | | | | 25 | 0,07 - 0,13 | 0,12 - 0,21 | 0,20 - 0,29 |
| 16 | 0,02 - 0,05 | 0,04 - 0,09 | 0,08 - 0,14 | 25 | 0,08 - 0,14 | 0,13 - 0,21 | 0,20 - 0,28 |
| 16 | 0,02 - 0,05 | 0,04 - 0,09 | 0,08 - 0,14 | 16 | 0,08 - 0,14 | 0,13 - 0,21 | 0,20 - 0,28 |
| | | | | 16 | 0,08 - 0,14 | 0,13 - 0,21 | 0,20 - 0,28 |
| | | | | 32 | 0,09 - 0,16 | 0,15 - 0,26 | 0,25 - 0,36 |
| | | | | 30 | 0,09 - 0,15 | 0,14 - 0,22 | 0,21 - 0,29 |
| | | | | 30 | 0,09 - 0,15 | 0,14 - 0,22 | 0,21 - 0,29 |
| 25 | 0,04 - 0,08 | 0,07 - 0,14 | 0,13 - 0,19 | 32 | 0,07 - 0,13 | 0,12 - 0,21 | 0,20 - 0,29 |
| 28 | 0,04 - 0,08 | 0,07 - 0,13 | 0,12 - 0,19 | 40 | 0,07 - 0,13 | 0,12 - 0,21 | 0,20 - 0,29 |
| 36 | 0,05 - 0,10 | 0,09 - 0,17 | 0,17 - 0,24 | 63 | 0,09 - 0,16 | 0,15 - 0,26 | 0,25 - 0,36 |
| 36 | 0,05 - 0,10 | 0,09 - 0,17 | 0,17 - 0,24 | 50 | 0,09 - 0,16 | 0,15 - 0,26 | 0,25 - 0,36 |
| 36 | 0,05 - 0,10 | 0,09 - 0,17 | 0,17 - 0,24 | 50 | 0,09 - 0,16 | 0,15 - 0,26 | 0,25 - 0,36 |
| 28 | 0,06 - 0,10 | 0,09 - 0,15 | 0,14 - 0,19 | 40 | 0,08 - 0,13 | 0,12 - 0,19 | 0,18 - 0,24 |
| 20 | 0,06 - 0,10 | 0,09 - 0,15 | 0,14 - 0,19 | 32 | 0,06 - 0,10 | 0,09 - 0,15 | 0,14 - 0,19 |
| 6 | 0,03 - 0,07 | 0,06 - 0,10 | 0,09 - 0,13 | 8 | 0,04 - 0,07 | 0,06 - 0,10 | 0,09 - 0,12 |
| 6 | 0,03 - 0,07 | 0,06 - 0,10 | 0,09 - 0,13 | 8 | 0,04 - 0,07 | 0,06 - 0,10 | 0,09 - 0,12 |
| 63 | 0,07 - 0,13 | 0,12 - 0,21 | 0,20 - 0,29 | 80 | 0,09 - 0,16 | 0,15 - 0,26 | 0,25 - 0,36 |
| 63 | 0,07 - 0,13 | 0,12 - 0,21 | 0,20 - 0,29 | 80 | 0,09 - 0,16 | 0,15 - 0,26 | 0,25 - 0,36 |
| 63 | 0,07 - 0,13 | 0,12 - 0,21 | 0,20 - 0,29 | 80 | 0,09 - 0,16 | 0,15 - 0,26 | 0,25 - 0,36 |
| 5 | 0,03 - 0,05 | 0,04 - 0,08 | 0,07 - 0,10 | | | | |
| 5 | 0,03 - 0,05 | 0,04 - 0,08 | 0,07 - 0,10 | | | | |
| | | | | 40 | 0,09 - 0,16 | 0,15 - 0,26 | 0,25 - 0,36 |
| | | | | 40 | 0,09 - 0,16 | 0,15 - 0,26 | 0,25 - 0,36 |



# Kernlochbohren

| Hauptgruppe / Untergruppe | | | Beispiel | Nr. | Zugfestigkeit Rm [N/mm²] Härte [HB/HRC/HV] |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | **Stahlwerkstoffe** | | | | |
| 1.1 | Kaltfließpressstähle, Magnetweicheisen | ≤ 400 N/mm² | Q-St37-3<br>R-Fe80 | 1.0123<br>1.1014 | |
| 1.2 | Automatenstähle, Allgemeine Baustähle | ≤ 600 N/mm² | 9SMnPb28<br>St37-2 | 1.0718<br>1.0037 | 500-700 N/mm²<br>340-470 N/mm² |
| 1.3 | Automatenstähle, Baustähle, Legierte Stähle, Stahlguss | ≤ 850 N/mm² | St70-2<br>GS-25CrMo4 | 1.0070<br>1.7218 | 700-900 N/mm²<br>650-950 N/mm² |
| 1.4 | Einsatzstähle, Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Kaltarbeitsstähle | ≤ 1100 N/mm² | 16MnCr5<br>Ck45<br>100Cr6 | 1.7131<br>1.1191<br>1.3505 | 500-700 N/mm²<br>600-800 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 1.5 | Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Warmarbeitsstähl, Gehärtete Stähle ≤ 44 HRC Kaltarbeitsstähle, | ≤ 1400 N/mm² | 42CrMo4V<br>X30WCrV5-3<br>X38CrMoV5-3<br>X155CrVMo12-1 | 1.7225<br>1.2567<br>1.2367<br>1.2379 | 1200-1400 N/mm²<br>1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm² |
| 1.6 | Gehärtete Stähle | > 44 - 55 HRC | 55NiCrMoV6 | 1.2713 | 47-52 HRC |
| 1.7 | Gehärtete Stähle | > 55 - 60 HRC | 45WCrV7 | 1.2542 | 56-57 HRC |
| 1.8 | Gehärtete Stähle | > 60 - 63 HRC | X155CrVMo12-1 | 1.2379 | 60-63 HRC |
| 1.9 | Gehärtete Stähle | > 63 - 66 HRC | X210CrW12 | 1.2436 | 63-64 HRC |
| 1.10 | Rostbeständige Stähle, Säurebeständige Stähle, Hitzebeständige Stähle | ≤ 850 N/mm² | X10NiCrAlTi32-20 [INCOLOY800]<br>X12CrNiTi18-9<br>X6CrNiMoTi17-12-2 | 1.4876<br>1.4878<br>1.4571 | 610-850 N/mm²<br>500-700 N/mm²<br>500-730 N/mm² |
| 1.11 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1100 N/mm² | X45SiCr4 | 1.4704 | 900-1100 N/mm² |
| 1.12 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1400 N/mm² | X5NiCrTi26-15 | 1.4980 | 1200 N/mm² |
| 1.13 | Stahl-Sonderwerkstoffe | | FerroTiC<br>Hardox500 | | 800-900 N/mm²<br>1300-1400 N/mm² |
| **2** | **Gusswerkstoffe** | | | | |
| 2.1 | Gusseisen | | GG 20<br>GG 30 | 0.6020<br>0.6030 | 120-220 HB<br>220-270 HB |
| 2.2 | Gusseisen mit Kugelgraphit | | GGG 40<br>GGG 70 | 0.7040<br>0.7070 | 400 N/mm²<br>700-1050 N/mm² |
| 2.3 | Gusseisen mit Vermikulargraphit | | GGV(80%Perlit)<br>GGV(100%Perlit) | | 220 HB<br>230 HB |
| 2.4 | Temperguss | | GTW 40<br>GTS 65 | 0.8040<br>0.8165 | 360-420 N/mm²<br>580-650 N/mm² |
| 2.5 | Hartguss | ≤ 400 HB | | | -400 HB |
| **3** | **Kupfer, Kupferlegierungen, Bronze, Messing** | | | | |
| 3.1 | Reinkupfer und niedrigleg. Kupfer | ≤ 500 N/mm² | E-Cu | 2.0060 | 250-350 N/mm² |
| 3.2 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) | | CuZn40 [Ms60]<br>CuZn37 [Ms63] | 2.0360<br>2.0321 | 340-490 N/mm²<br>310-550 N/mm² |
| 3.3 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) | | CuZn39Pb2 [Ms58] | 2.0380 | 380-500 N/mm² |
| 3.4 | Kupfer-Alu-Legierungen (Alubronze langspanend)<br>Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze langspanend) | | CuAl10Ni | 2.0966 | 500-800 N/mm² |
| 3.5 | Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze kurzspanend) | | GCuSn5ZnPb [Rg5]<br>GCuSn7ZnPb [Rg7] | 2.1096<br>2.1090 | 150-300 N/mm²<br>150-300 N/mm² |
| 3.6 | Kupfer-Sonderlegierungen bis Q18 | | Ampco16 | | 630 N/mm² |
| 3.7 | Kupfer-Sonderlegierungen über Q18 | | Ampco20 | | 600 N/mm² |
| **4** | **Nickel-/Kobalt-Legierungen** | | | | |
| 4.1 | Nickel-/Kobalt-Leg. warmfest | ≤ 850 N/mm² | NiCu30Fe [MONEL400] | 2.4360 | 420-610 N/mm² |
| 4.2 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest | 850-1400 N/mm² | NiCr19NbMo [INCONEL718] | 2.4668 | 850-1190 N/mm² |
| 4.3 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest | >1400 N/mm² | Haynes 25 (L605) | | 1550-2000 N/mm² |
| **5** | **Aluminiumlegierungen** | | | | |
| 5.1 | Alu-Knetlegierungen | | Al 99,5 [F13]<br>AlCuMg1 [F39] | 3.0255<br>3.1325 | 100-250 N/mm²<br>300-500 N/mm² |
| 5.2 | Alu-Gusslegierungen Si ≤ 5% | | G-AlMg3 | 3.3541 | 130-190 N/mm² |
| 5.3 | Alu-Gusslegierungen 5% < Si ≤ 12% | | GD-AlSi9Cu3<br>GD-AlSi12 | 3.2163<br>3.2582 | 240-310 N/mm²<br>220-300 N/mm² |
| 5.4 | Alu-Gusslegierungen 12% < Si | | G-AlSi17Cu4 | | 180-250 N/mm² |
| **6** | **Magnesiumlegierungen** | | | | |
| 6.1 | Magnesium-Knetlegierungen | | MgAl6 | 3.5662 | 300-500 N/mm² |
| 6.2 | Magnesium-Gusslegierungen | | GMgAl9Zn1 | 3.5912 | 300-500 N/mm² |
| **7** | **Titan, Titanlegierungen** | | | | |
| 7.1 | Reintitan, Titanlegierungen | ≤ 900 N/mm² | Ti3 [Ti99.4]<br>TiAl6V4 | 3.7055<br>3.7164 | 700 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 7.2 | Titanlegierungen | 900-1250 N/mm² | TiAl4Mo4Sn2 | 3.7185 | 900-1250 N/mm² |
| **8** | **Kunststoffe** | | | | |
| 8.1 | Duroplaste (kurzspanend) | | BAKELIT | | 110 N/mm² |
| 8.2 | Thermoplaste (langspanend) | | HOSTALEN | | 80 N/mm² |
| 8.3 | Faserverstärkte Kunststoffe | | CFK / GFK / AFK | | 800-1500 N/mm² |
| **9** | **Werkstoffe für bes. Anwendungen** | | | | |
| 9.1 | Graphit | | C-8000 | | 60 N/mm² |
| 9.2 | Wolfram-Kupfer-Legierungen | | W-Cu 80/20 | | 230-250 HV |

# Kernlochbohren

**HSS-Spiralbohrer - kurz**



**HSS-E-Spiralbohrer - kurz - TIN**



| Schnitt-geschwin-digkeit $v_c$ [m/min] | Vorschub f [mm] für Bohrerdurchmesser | | | Schnitt-geschwin-digkeit $v_c$ [m/min] | Vorschub f [mm] für Bohrerdurchmesser | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3-5 mm | 5-8 mm | 8-11 mm | | 3-5 mm | 5-8 mm | 8-11 mm |
| 32 | 0,05 - 0,09 | 0,08 - 0,14 | 0,13 - 0,18 | 40 | 0,07 - 0,13 | 0,12 - 0,20 | 0,19 - 0,27 |
| 32 | 0,05 - 0,09 | 0,08 - 0,14 | 0,13 - 0,18 | 40 | 0,07 - 0,13 | 0,12 - 0,20 | 0,19 - 0,27 |
| 32 | 0,05 - 0,09 | 0,08 - 0,14 | 0,13 - 0,18 | 40 | 0,07 - 0,13 | 0,12 - 0,20 | 0,19 - 0,27 |
| 20 | 0,06 - 0,11 | 0,10 - 0,17 | 0,16 - 0,23 | 35 | 0,06 - 0,11 | 0,10 - 0,18 | 0,17 - 0,24 |
| | | | | 25 | 0,05 - 0,11 | 0,10 - 0,17 | 0,16 - 0,34 |
| 12 | 0,06 - 0,10 | 0,09 - 0,15 | 0,14 - 0,19 | 25 | 0,06 - 0,11 | 0,10 - 0,17 | 0,16 - 0,23 |
| 6 | 0,06 - 0,10 | 0,09 - 0,15 | 0,14 - 0,19 | 25 | 0,06 - 0,11 | 0,10 - 0,17 | 0,16 - 0,23 |
| 6 | 0,06 - 0,10 | 0,09 - 0,15 | 0,14 - 0,19 | | | | |
| 16 | 0,07 - 0,12 | 0,11 - 0,18 | 0,17 - 0,24 | 32 | 0,07 - 0,12 | 0,11 - 0,17 | 0,16 - 0,22 |
| | | | | 30 | 0,09 - 0,15 | 0,14 - 0,22 | 0,21 - 0,29 |
| | | | | 30 | 0,09 - 0,15 | 0,14 - 0,22 | 0,21 - 0,29 |
| 20 | 0,06 - 0,11 | 0,10 - 0,18 | 0,17 - 0,24 | 32 | 0,07 - 0,13 | 0,12 - 0,21 | 0,20 - 0,29 |
| 25 | 0,06 - 0,11 | 0,10 - 0,18 | 0,17 - 0,24 | 40 | 0,07 - 0,13 | 0,12 - 0,21 | 0,20 - 0,29 |
| 32 | 0,06 - 0,10 | 0,09 - 0,15 | 0,14 - 0,19 | 40 | 0,08 - 0,13 | 0,13 - 0,19 | 0,18 - 0,24 |
| 25 | 0,06 - 0,11 | 0,10 - 0,18 | 0,17 - 0,24 | 50 | 0,09 - 0,16 | 0,15 - 0,26 | 0,25 - 0,36 |
| 32 | 0,06 - 0,13 | 0,12 - 0,21 | 0,20 - 0,30 | 50 | 0,09 - 0,16 | 0,15 - 0,26 | 0,25 - 0,36 |
| 25 | 0,06 - 0,10 | 0,09 - 0,15 | 0,14 - 0,19 | 40 | 0,08 - 0,13 | 0,12 - 0,19 | 0,18 - 0,24 |
| 10 | 0,03 - 0,07 | 0,06 - 0,10 | 0,09 - 0,12 | 32 | 0,06 - 0,10 | 0,09 - 0,15 | 0,14 - 0,19 |
| 63 | 0,07 - 0,12 | 0,11 - 0,20 | 0,19 - 0,27 | 80 | 0,07 - 0,13 | 0,12 - 0,20 | 0,19 - 0,27 |
| 63 | 0,07 - 0,12 | 0,11 - 0,20 | 0,19 - 0,27 | 80 | 0,07 - 0,13 | 0,12 - 0,20 | 0,19 - 0,27 |
| 63 | 0,07 - 0,12 | 0,11 - 0,20 | 0,19 - 0,27 | 80 | 0,07 - 0,13 | 0,12 - 0,20 | 0,19 - 0,27 |
| 20 | 0,06 - 0,10 | 0,09 - 0,15 | 0,14 - 0,19 | 40 | 0,09 - 0,16 | 0,15 - 0,26 | 0,25 - 0,36 |
| | | | | 40 | 0,09 - 0,16 | 0,15 - 0,26 | 0,25 - 0,36 |



# Kernlochbohren

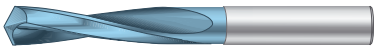
| Hauptgruppe / Untergruppe | | | Beispiel | Nr. | Zugfestigkeit Rm [N/mm²] Härte [HB/HRC/HV] |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | **Stahlwerkstoffe** | | | | |
| 1.1 | Kaltfließpressstähle, Magnetweicheisen | ≤ 400 N/mm² | Q-St37-3<br>R-Fe80 | 1.0123<br>1.1014 | |
| 1.2 | Automatenstähle, Allgemeine Baustähle | ≤ 600 N/mm² | 9SMnPb28<br>St37-2 | 1.0718<br>1.0037 | 500-700 N/mm²<br>340-470 N/mm² |
| 1.3 | Automatenstähle, Baustähle, Legierte Stähle, Stahlguss | ≤ 850 N/mm² | St70-2<br>GS-25CrMo4 | 1.0070<br>1.7218 | 700-900 N/mm²<br>650-950 N/mm² |
| 1.4 | Einsatzstähle, Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Kaltarbeitsstähle | ≤ 1100 N/mm² | 16MnCr5<br>Ck45<br>100Cr6 | 1.7131<br>1.1191<br>1.3505 | 500-700 N/mm²<br>600-800 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 1.5 | Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Warmarbeitsstähl, Gehärtete Stähle ≤ 44 HRC Kaltarbeitsstähle, | ≤ 1400 N/mm² | 42CrMo4V<br>X30WCrV5-3<br>X38CrMoV5-3<br>X155CrVMo12-1 | 1.7225<br>1.2567<br>1.2367<br>1.2379 | 1200-1400 N/mm²<br>1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm² |
| 1.6 | Gehärtete Stähle | > 44 - 55 HRC | 55NiCrMoV6 | 1.2713 | 47-52 HRC |
| 1.7 | Gehärtete Stähle | > 55 - 60 HRC | 45WCrV7 | 1.2542 | 56-57 HRC |
| 1.8 | Gehärtete Stähle | > 60 - 63 HRC | X155CrVMo12-1 | 1.2379 | 60-63 HRC |
| 1.9 | Gehärtete Stähle | > 63 - 66 HRC | X210CrW12 | 1.2436 | 63-64 HRC |
| 1.10 | Rostbeständige Stähle, Säurebeständige Stähle, Hitzebeständige Stähle | ≤ 850 N/mm² | X10NiCrAlTi32-20 [INCOLOY800]<br>X12CrNiTi18-9<br>X6CrNiMoTi17-12-2 | 1.4876<br>1.4878<br>1.4571 | 610-850 N/mm²<br>500-700 N/mm²<br>500-730 N/mm² |
| 1.11 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1100 N/mm² | X45SiCr4 | 1.4704 | 900-1100 N/mm² |
| 1.12 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1400 N/mm² | X5NiCrTi26-15 | 1.4980 | 1200 N/mm² |
| 1.13 | Stahl-Sonderwerkstoffe | | FerroTiC<br>Hardox500 | | 800-900 N/mm²<br>1300-1400 N/mm² |
| **2** | **Gusswerkstoffe** | | | | |
| 2.1 | Gusseisen | | GG 20<br>GG 30 | 0.6020<br>0.6030 | 120-220 HB<br>220-270 HB |
| 2.2 | Gusseisen mit Kugelgraphit | | GGG 40<br>GGG 70 | 0.7040<br>0.7070 | 400 N/mm²<br>700-1050 N/mm² |
| 2.3 | Gusseisen mit Vermikulargraphit | | GGV(80%Perlit)<br>GGV(100%Perlit) | | 220 HB<br>230 HB |
| 2.4 | Temperguss | | GTW 40<br>GTS 65 | 0.8040<br>0.8165 | 360-420 N/mm²<br>580-650 N/mm² |
| 2.5 | Hartguss | ≤ 400 HB | | | -400 HB |
| **3** | **Kupfer, Kupferlegierungen, Bronze, Messing** | | | | |
| 3.1 | Reinkupfer und niedrigleg. Kupfer | ≤ 500 N/mm² | E-Cu | 2.0060 | 250-350 N/mm² |
| 3.2 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) | | CuZn40 [Ms60]<br>CuZn37 [Ms63] | 2.0360<br>2.0321 | 340-490 N/mm²<br>310-550 N/mm² |
| 3.3 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) | | CuZn39Pb2 [Ms58] | 2.0380 | 380-500 N/mm² |
| 3.4 | Kupfer-Alu-Legierungen (Alubronze langspanend)<br>Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze langspanend) | | CuAl10Ni | 2.0966 | 500-800 N/mm² |
| 3.5 | Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze kurzspanend) | | GCuSn5ZnPb [Rg5]<br>GCuSn7ZnPb [Rg7] | 2.1096<br>2.1090 | 150-300 N/mm²<br>150-300 N/mm² |
| 3.6 | Kupfer-Sonderlegierungen bis Q18 | | Ampco16 | | 630 N/mm² |
| 3.7 | Kupfer-Sonderlegierungen über Q18 | | Ampco20 | | 600 N/mm² |
| **4** | **Nickel-/Kobalt-Legierungen** | | | | |
| 4.1 | Nickel-/Kobalt-Leg. warmfest | ≤ 850 N/mm² | NiCu30Fe [MONEL400] | 2.4360 | 420-610 N/mm² |
| 4.2 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest | 850-1400 N/mm² | NiCr19NbMo [INCONEL718] | 2.4668 | 850-1190 N/mm² |
| 4.3 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest | >1400 N/mm² | Haynes 25 (L605) | | 1550-2000 N/mm² |
| **5** | **Aluminiumlegierungen** | | | | |
| 5.1 | Alu-Knetlegierungen | | Al 99,5 [F13]<br>AlCuMg1 [F39] | 3.0255<br>3.1325 | 100-250 N/mm²<br>300-500 N/mm² |
| 5.2 | Alu-Gusslegierungen Si ≤ 5% | | G-AlMg3 | 3.3541 | 130-190 N/mm² |
| 5.3 | Alu-Gusslegierungen 5% < Si ≤ 12% | | GD-AlSi9Cu3<br>GD-AlSi12 | 3.2163<br>3.2582 | 240-310 N/mm²<br>220-300 N/mm² |
| 5.4 | Alu-Gusslegierungen 12% < Si | | G-AlSi17Cu4 | | 180-250 N/mm² |
| **6** | **Magnesiumlegierungen** | | | | |
| 6.1 | Magnesium-Knetlegierungen | | MgAl6 | 3.5662 | 300-500 N/mm² |
| 6.2 | Magnesium-Gusslegierungen | | GMgAl9Zn1 | 3.5912 | 300-500 N/mm² |
| **7** | **Titan, Titanlegierungen** | | | | |
| 7.1 | Reintitan, Titanlegierungen | ≤ 900 N/mm² | Ti3 [Ti99.4]<br>TiAl6V4 | 3.7055<br>3.7164 | 700 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 7.2 | Titanlegierungen | 900-1250 N/mm² | TiAl4Mo4Sn2 | 3.7185 | 900-1250 N/mm² |
| **8** | **Kunststoffe** | | | | |
| 8.1 | Duroplaste (kurzspanend) | | BAKELIT | | 110 N/mm² |
| 8.2 | Thermoplaste (langspanend) | | HOSTALEN | | 80 N/mm² |
| 8.3 | Faserverstärkte Kunststoffe | | CFK / GFK / AFK | | 800-1500 N/mm² |
| **9** | **Werkstoffe für bes. Anwendungen** | | | | |
| 9.1 | Graphit | | C-8000 | | 60 N/mm² |
| 9.2 | Wolfram-Kupfer-Legierungen | | W-Cu 80/20 | | 230-250 HV |

# Kernlochbohren

**VHM-Spiralbohrer - TIN**



**VHM-HCUT-Spiralbohrer - TIALN**



| Schnitt-geschwin-digkeit $v_c$ [m/min] | Vorschub f [mm] für Bohrerdurchmesser | | | Schnitt-geschwin-digkeit $v_c$ [m/min] | Vorschub f [mm] für Bohrerdurchmesser | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3-5 mm | 5-8 mm | 8-11 mm | | 2,5-5 mm | 5-8 mm | 8-11 mm | 11-16 mm |
| 100 | 0,08 - 0,14 | 0,13 - 0,22 | 0,21 - 0,30 | | | | | |
| 100 | 0,08 - 0,14 | 0,13 - 0,22 | 0,21 - 0,30 | | | | | |
| 100 | 0,08 - 0,14 | 0,13 - 0,22 | 0,21 - 0,30 | | | | | |
| 85 | 0,06 - 0,11 | 0,10 - 0,17 | 0,16 - 0,22 | | | | | |
| 45 | 0,05 - 0,09 | 0,08 - 0,15 | 0,14 - 0,20 | | | | | |
| 45 | 0,05 - 0,09 | 0,08 - 0,15 | 0,14 - 0,20 | 14 | 0,028 - 0,037 | 0,037 - 0,044 | 0,044 - 0,049 | 0,049 - 0,057 |
| | | | | 12 | 0,028 - 0,037 | 0,037 - 0,044 | 0,044 - 0,049 | 0,049 - 0,057 |
| | | | | 10 | 0,028 - 0,037 | 0,037 - 0,044 | 0,044 - 0,049 | 0,049 - 0,057 |
| | | | | 8 | 0,028 - 0,037 | 0,037 - 0,044 | 0,044 - 0,049 | 0,049 - 0,057 |
| 60 | 0,07 - 0,13 | 0,12 - 0,19 | 0,18 - 0,26 | | | | | |
| 60 | 0,07 - 0,13 | 0,12 - 0,19 | 0,18 - 0,26 | | | | | |
| | | | | 22 | 0,028 - 0,037 | 0,037 - 0,044 | 0,044 - 0,049 | 0,049 - 0,057 |
| 45 | 0,05 - 0,09 | 0,08 - 0,15 | 0,14 - 0,20 | 20 | 0,028 - 0,037 | 0,037 - 0,044 | 0,044 - 0,049 | 0,049 - 0,057 |
| 80 | 0,10 - 0,17 | 0,16 - 0,27 | 0,26 - 0,35 | | | | | |
| 100 | 0,09 - 0,15 | 0,14 - 0,22 | 0,21 - 0,29 | | | | | |
| 100 | 0,09 - 0,15 | 0,14 - 0,22 | 0,21 - 0,29 | | | | | |
| 100 | 0,09 - 0,15 | 0,14 - 0,22 | 0,21 - 0,29 | | | | | |
| | | | | 20 | 0,028 - 0,037 | 0,037 - 0,044 | 0,044 - 0,049 | 0,049 - 0,057 |
| 63 | 0,06 - 0,10 | 0,09 - 0,15 | 0,14 - 0,19 | | | | | |
| 50 | 0,05 - 0,09 | 0,08 - 0,13 | 0,12 - 0,17 | | | | | |
| | | | | 22 | 0,028 - 0,037 | 0,037 - 0,044 | 0,044 - 0,049 | 0,049 - 0,057 |



# Kernlochbohren

| Hauptgruppe / Untergruppe | | | Beispiel | Nr. | Zugfestigkeit Rm [N/mm²] Härte [HB/HRC/HV] |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | **Stahlwerkstoffe** | | | | |
| 1.1 | Kaltfließpressstähle, Magnetweicheisen | ≤ 400 N/mm² | Q-St37-3<br>R-Fe80 | 1.0123<br>1.1014 | |
| 1.2 | Automatenstähle, Allgemeine Baustähle | ≤ 600 N/mm² | 9SMnPb28<br>St37-2 | 1.0718<br>1.0037 | 500-700 N/mm²<br>340-470 N/mm² |
| 1.3 | Automatenstähle, Baustähle, Legierte Stähle, Stahlguss | ≤ 850 N/mm² | St70-2<br>GS-25CrMo4 | 1.0070<br>1.7218 | 700-900 N/mm²<br>650-950 N/mm² |
| 1.4 | Einsatzstähle, Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Kaltarbeitsstähle | ≤ 1100 N/mm² | 16MnCr5<br>Ck45<br>100Cr6 | 1.7131<br>1.1191<br>1.3505 | 500-700 N/mm²<br>600-800 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 1.5 | Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Warmarbeitsstähl, Gehärtete Stähle ≤ 44 HRC Kaltarbeitsstähle, | ≤ 1400 N/mm² | 42CrMo4V<br>X30WCrV5-3<br>X38CrMoV5-3<br>X155CrVMo12-1 | 1.7225<br>1.2567<br>1.2367<br>1.2379 | 1200-1400 N/mm²<br>1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm² |
| 1.6 | Gehärtete Stähle | > 44 - 55 HRC | 55NiCrMoV6 | 1.2713 | 47-52 HRC |
| 1.7 | Gehärtete Stähle | > 55 - 60 HRC | 45WCrV7 | 1.2542 | 56-57 HRC |
| 1.8 | Gehärtete Stähle | > 60 - 63 HRC | X155CrVMo12-1 | 1.2379 | 60-63 HRC |
| 1.9 | Gehärtete Stähle | > 63 - 66 HRC | X210CrW12 | 1.2436 | 63-64 HRC |
| 1.10 | Rostbeständige Stähle, Säurebeständige Stähle, Hitzebeständige Stähle | ≤ 850 N/mm² | X10NiCrAlTi32-20 [INCOLOY800]<br>X12CrNiTi18-9<br>X6CrNiMoTi17-12-2 | 1.4876<br>1.4878<br>1.4571 | 610-850 N/mm²<br>500-700 N/mm²<br>500-730 N/mm² |
| 1.11 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1100 N/mm² | X45SiCr4 | 1.4704 | 900-1100 N/mm² |
| 1.12 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1400 N/mm² | X5NiCrTi26-15 | 1.4980 | 1200 N/mm² |
| 1.13 | Stahl-Sonderwerkstoffe | | FerroTiC<br>Hardox500 | | 800-900 N/mm²<br>1300-1400 N/mm² |
| **2** | **Gusswerkstoffe** | | | | |
| 2.1 | Gusseisen | | GG 20<br>GG 30 | 0.6020<br>0.6030 | 120-220 HB<br>220-270 HB |
| 2.2 | Gusseisen mit Kugelgraphit | | GGG 40<br>GGG 70 | 0.7040<br>0.7070 | 400 N/mm²<br>700-1050 N/mm² |
| 2.3 | Gusseisen mit Vermikulargraphit | | GGV(80%Perlit)<br>GGV(100%Perlit) | | 220 HB<br>230 HB |
| 2.4 | Temperguss | | GTW 40<br>GTS 65 | 0.8040<br>0.8165 | 360-420 N/mm²<br>580-650 N/mm² |
| 2.5 | Hartguss | ≤ 400 HB | | | -400 HB |
| **3** | **Kupfer, Kupferlegierungen, Bronze, Messing** | | | | |
| 3.1 | Reinkupfer und niedrigleg. Kupfer | ≤ 500 N/mm² | E-Cu | 2.0060 | 250-350 N/mm² |
| 3.2 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) | | CuZn40 [Ms60]<br>CuZn37 [Ms63] | 2.0360<br>2.0321 | 340-490 N/mm²<br>310-550 N/mm² |
| 3.3 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) | | CuZn39Pb2 [Ms58] | 2.0380 | 380-500 N/mm² |
| 3.4 | Kupfer-Alu-Legierungen (Alubronze langspanend)<br>Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze langspanend) | | CuAl10Ni | 2.0966 | 500-800 N/mm² |
| 3.5 | Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze kurzspanend) | | GCuSn5ZnPb [Rg5]<br>GCuSn7ZnPb [Rg7] | 2.1096<br>2.1090 | 150-300 N/mm²<br>150-300 N/mm² |
| 3.6 | Kupfer-Sonderlegierungen bis Q18 | | Ampco16 | | 630 N/mm² |
| 3.7 | Kupfer-Sonderlegierungen über Q18 | | Ampco20 | | 600 N/mm² |
| **4** | **Nickel-/Kobalt-Legierungen** | | | | |
| 4.1 | Nickel-/Kobalt-Leg. warmfest | ≤ 850 N/mm² | NiCu30Fe [MONEL400] | 2.4360 | 420-610 N/mm² |
| 4.2 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest | 850-1400 N/mm² | NiCr19NbMo [INCONEL718] | 2.4668 | 850-1190 N/mm² |
| 4.3 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest | >1400 N/mm² | Haynes 25 (L605) | | 1550-2000 N/mm² |
| **5** | **Aluminiumlegierungen** | | | | |
| 5.1 | Alu-Knetlegierungen | | Al 99,5 [F13]<br>AlCuMg1 [F39] | 3.0255<br>3.1325 | 100-250 N/mm²<br>300-500 N/mm² |
| 5.2 | Alu-Gusslegierungen Si ≤ 5% | | G-AlMg3 | 3.3541 | 130-190 N/mm² |
| 5.3 | Alu-Gusslegierungen 5% < Si ≤ 12% | | GD-AlSi9Cu3<br>GD-AlSi12 | 3.2163<br>3.2582 | 240-310 N/mm²<br>220-300 N/mm² |
| 5.4 | Alu-Gusslegierungen 12% < Si | | G-AlSi17Cu4 | | 180-250 N/mm² |
| **6** | **Magnesiumlegierungen** | | | | |
| 6.1 | Magnesium-Knetlegierungen | | MgAl6 | 3.5662 | 300-500 N/mm² |
| 6.2 | Magnesium-Gusslegierungen | | GMgAl9Zn1 | 3.5912 | 300-500 N/mm² |
| **7** | **Titan, Titanlegierungen** | | | | |
| 7.1 | Reintitan, Titanlegierungen | ≤ 900 N/mm² | Ti3 [Ti99.4]<br>TiAl6V4 | 3.7055<br>3.7164 | 700 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 7.2 | Titanlegierungen | 900-1250 N/mm² | TiAl4Mo4Sn2 | 3.7185 | 900-1250 N/mm² |
| **8** | **Kunststoffe** | | | | |
| 8.1 | Duroplaste (kurzspanend) | | BAKELIT | | 110 N/mm² |
| 8.2 | Thermoplaste (langspanend) | | HOSTALEN | | 80 N/mm² |
| 8.3 | Faserverstärkte Kunststoffe | | CFK / GFK / AFK | | 800-1500 N/mm² |
| **9** | **Werkstoffe für bes. Anwendungen** | | | | |
| 9.1 | Graphit | | C-8000 | | 60 N/mm² |
| 9.2 | Wolfram-Kupfer-Legierungen | | W-Cu 80/20 | | 230-250 HV |

### VHM-Stufenbohrer - TIN



| Schnittgeschwindigkeit $v_c$ [m/min] | Vorschub f [mm] für Bohrerdurchmesser | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 2,5-5 mm | 5-8 mm | 8-11 mm | 11-16 mm |
| 90 | 0,10 - 0,16 | 0,16 - 0,23 | 0,23 - 0,27 | 0,27 - 0,35 |
| 90 | 0,10 - 0,16 | 0,16 - 0,23 | 0,23 - 0,27 | 0,27 - 0,35 |
| 80 | 0,10 - 0,16 | 0,16 - 0,23 | 0,23 - 0,27 | 0,27 - 0,35 |
| 65 | 0,11 - 0,17 | 0,17 - 0,24 | 0,24 - 0,29 | 0,29 - 0,37 |
| 60 | 0,11 - 0,17 | 0,17 - 0,24 | 0,24 - 0,29 | 0,29 - 0,37 |
| 110 | 0,11 - 0,19 | 0,19 - 0,26 | 0,26 - 0,33 | 0,33 - 0,43 |
| 60 | 0,10 - 0,17 | 0,17 - 0,22 | 0,22 - 0,27 | 0,27 - 0,35 |
| 60 | 0,10 - 0,17 | 0,17 - 0,22 | 0,22 - 0,27 | 0,27 - 0,35 |
| 80 | 0,15 - 0,23 | 0,23 - 0,31 | 0,31 - 0,38 | 0,38 - 0,48 |
| 150 | 0,16 - 0,24 | 0,24 - 0,32 | 0,32 - 0,39 | 0,39 - 0,48 |
| 140 | 0,16 - 0,24 | 0,24 - 0,32 | 0,32 - 0,39 | 0,39 - 0,48 |
| 140 | 0,16 - 0,24 | 0,24 - 0,32 | 0,32 - 0,39 | 0,39 - 0,48 |

# Kernlochbohren

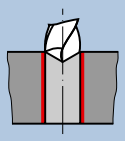
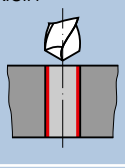
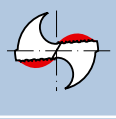
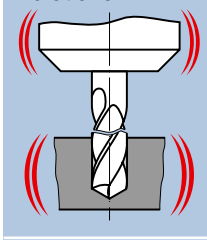
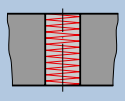
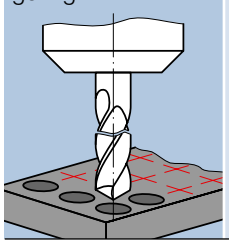
## 7.6 Fehler, Ursachen und Abhilfe

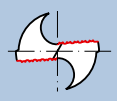
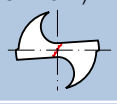
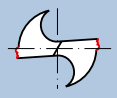
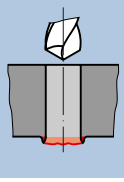
Bild 1

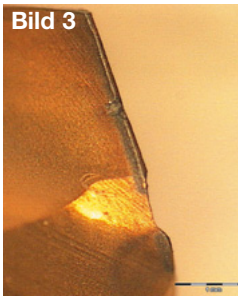


Bild 2



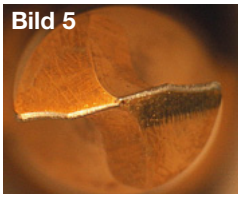
| festgestellter Fehler | eventuelle Ursache | Abhilfe |
|---|---|---|
| Bohrung wird zu groß  | • zu großer Rundlauffehler des Kernlochbohrers<br>• Unzureichende Steifigkeit im Kraftschluss<br>• Vorschub zu groß<br>• Spänestau (siehe Bild 1) | • Rundlauffehler reduzieren<br>• a) Spannung von Werkzeug/Werkstück verbessern<br>b) Stabilere Werkzeugmaschine einsetzen<br>• Vorschub reduzieren<br>• a) anderen Werkzeug-Typ verwenden<br>b) Kühlschiermittelzufuhr verbessern |
| Bohrung wird zu klein  | • Schnittgeschwindigkeit zu groß<br>• Kernlochbohrer hat zu geringen Außendurchmesser<br>• Kühlschmiermittel in Zusammensetzung und Zufuhr ungenügend | • Schnittgeschwindigkeit verringern<br>• Kernlochbohrer mit Aufmaß im Durchmesser verwenden<br>• Für geeignete und ausreichende Kühlschmiermittelzufuhr sorgen |
| Bildung von Aufbauschneiden (siehe Bild 2)  | • Schnittgeschwindigkeit zu klein<br>• Blanke Hauptschneide<br>• Kühlschmiermittel in Zusammensetzung und Zufuhr ungenügend | • Schnittgeschwindigkeit erhöhen<br>• Beschichtete Kernlochbohrer einsetzen<br>• Für geeignete und ausreichende Kühlschmiermittelzufuhr sorgen |
| Vibrationen  | • instabile Werkstückspannung<br>• zu großer Rundlauffehler des Kernlochbohrers<br>• Schnittgeschwindigkeit zu hoch<br>• Vorschub zu klein | • auf korrekte Werkstückspannung achten<br>• Rundlauffehler reduzieren<br>• Schnittgeschwindigkeit reduzieren<br>• Vorschub erhöhen |
| Unsaubere Bohrungs-oberfläche  | • instabile Werkstückspannung<br>• zu großer Rundlauffehler des Kernlochbohrers<br>• Vorschub zu groß<br>• Kühlschmiermittel in Zusammensetzung und Zufuhr ungenügend | • auf korrekte Werkstückspannung achten<br>• Rundlauffehler reduzieren<br>• Vorschub reduzieren<br>• Für geeignete und ausreichende Kühlschmiermittelzufuhr sorgen |
| Standlänge zu gering  | • Falsche Schnittdaten<br>• instabile Werkstückspannung<br>• Kühlschmiermittel in Zusammensetzung und Zufuhr ungenügend | • Schnittdaten ändern (siehe Tabellen **Kapitel 7.5**)<br>• auf korrekte Werkstückspannung achten<br>• Für geeignete und ausreichende Kühlschmiermittelzufuhr sorgen |

| festgestellter Fehler | eventuelle Ursache | Abhilfe |
|---|---|---|
| Hauptschneiden-ausbrüche (siehe Bild 3)  | • Vorschub zu groß/unterbrochener Schnitt<br>• zulässige Verschleißmarkenbreite erreicht<br>• instabile Werkstückspannung<br>• falscher Kernlochbohrer | • Vorschub reduzieren<br>• Werkzeuge rechtzeitig nachschleifen bzw. ersetzen<br>• auf korrekte Werkstückspannung achten<br>• Kernlochbohrer der richtigen Werkstoffgruppe einsetzen |
| Querschneiden-verschleiß (siehe Bild 4)  | • Schnittgeschwindigkeit zu klein<br>• Vorschub zu groß<br>• Kühlschmiermittel in Zusammen-setzung und Zufuhr ungenügend | • Schnittgeschwindigkeit erhöhen<br>• Vorschub reduzieren<br>• Für geeignete und ausreichende Kühlschmiermittelzufuhr sorgen |
| Freiflächen-verschleiß (siehe Bild 5)  | • Schnittgeschwindigkeit zu hoch<br>• Vorschub zu klein<br>• Freiwinkel zu klein | • Schnittgeschwindigkeit reduzieren<br>• Vorschub erhöhen<br>• Freiwinkel erhöhen |
| Führungsfasen-verschleiß (siehe Bild 6)  | • Schnittgeschwindigkeit zu hoch<br>• Werkzeug-Verjüngung zu gering<br>• zu großer Rundlauffehler des Kernlochbohrers<br>• Kühlschmiermittel in Zusammen-setzung und Zufuhr ungenügend | • Schnittgeschwindigkeit reduzieren<br>• Kernlochbohrer mit größerer Verjüngung verwenden<br>• Rundlauffehler reduzieren<br>• Für geeignete und ausreichende Kühlschmiermittelzufuhr sorgen |
| Starker Grat am Bohrungsaustritt  | • Vorschub zu groß<br>• zulässige Verschleißmarkenbreite erreicht (siehe Bild 7) | • Vorschub reduzieren<br>• Werkzeuge eher nachschleifen bzw. ersetzen |



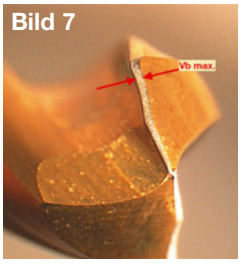













## 7.7 Fachliteratur

**1. DIN-Taschenbuch 6:**
**Bohrer, Senker, Reibahlen, Gewindebohren, Gewindeschneideisen**
Beuth-Verlag (1991 – ISBN 3-410-12573-6).



# Kernlochbohren

# Gewindebohren



8


Seite

**8.1 Übersicht . . . . . 182**

**8.2 Programmübersicht der EMUGE-Gewindebohrer . . . . . 183**

8.2.1 Bezeichnung der EMUGE-Gewindebohrer . . . . . 183
8.2.1.1 Baustein 1: Typenform . . . . . 184
8.2.1.2 Baustein 2: Bauform . . . . . 185
8.2.1.3 Baustein 3: Merkmale . . . . . 185
8.2.1.4 Bezeichnungsbeispiel . . . . . 186
8.2.2 Kurzbeschreibung der EMUGE-Gewindebohrer . . . . . 187
8.2.3 Gewindebohrer-Sonderausführungen (Beispiele) . . . . . 249

**8.3 Nomenklatur . . . . . 250**

8.3.1 Benennungen und Definitionen am Gewindebohrer . . . . . 250
8.3.2 Technische Lieferbedingungen . . . . . 252

**8.4 Verfahrensspezifische Hinweise . . . . . 255**

8.4.1 Der Gewindeschneidvorgang . . . . . 255
8.4.2 Gewinde-Vorbohrdurchmesser . . . . . 256
8.4.3 Gewindeauslauf und Gewindefreistich bei Gewindegrundlöchern mit Metrischem ISO-Gewinde . . . . . 278
8.4.4 Bestimmung von Schnittkraft, Drehmoment und Leistung . . . . . 279
8.4.5 Richtwerte für Drehmomente beim Gewindeschneiden mit EMUGE-Trapez-Gewindebohrern . . . . . 280
8.4.6 Richtwerte für Drehmomente beim Gewindeschneiden mit EMUGE-NPT/NPTF-Gewindebohrern . . . . . 281
8.4.7 Programmierung der Gewindetiefe beim Schneiden von NPT/NPTF-Gewinden mit EMUGE-Gewindebohrern . . . . . 281

**8.5 Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit . . . 282**

**8.6 Hinweise zur Geometrie von Gewindebohrern . . . . . 284**

8.6.1 Anschnittformen nach DIN . . . . . 284
8.6.2 Drall . . . . . 285
8.6.3 Zentrierung . . . . . 285
8.6.4 Werkstoff und Härte . . . . . 286
8.6.5 Besondere Oberflächenbehandlung . . . . . 286
8.6.6 Ergänzende Hinweise zu den Anschnittformen . . . . . 286
8.6.7 Toleranzen des Gewindeteils von Gewindebohrern für Metrisches ISO-Gewinde . . 288
8.6.8 Toleranzen des Gewindeteils von Gewindebohrern für Rohrgewinde . . . . . 292

**8.7 EMUGE SELF-LOCK-Innengewinde . . . . . 294**

**8.8 Fehler, Ursachen und Abhilfe . . . . . 296**



# Gewindebohren

## 8.1 Übersicht

**Verfahrensmerkmale:**

- spanendes Verfahren
- kontinuierlicher Schnitt
- Innenbearbeitung
- Materialabtrag durch stufenförmiges Aufeinanderfolgen der Schneiden
  ⇨ „rotatorisches Räumverfahren“
- geeignet für alle Werkstoffe
  (Ausnahme: Werkstoffe ≥ 60 HRC)
- Schneidstoff ist in den meisten Fällen HSS-E, aber auch PM-Stähle und Hartmetall werden eingesetzt
- Spanbildung nicht sichtbar
- für jeden Bearbeitungsfall ein angepasstes Werkzeug



**Voraussetzungen:**

- in der Regel axiales Ausgleichsfutter erforderlich

| Vorteile | Nachteile |
|---|---|
| • breites Einsatzgebiet<br>• Einsatz auf einfachen Maschinen möglich, auch auf Mehrspindel-Maschinen<br>• einfacher Aufbau der Werkzeuge<br>• nachschleifbare Werkzeuge | • Spanprobleme bei tiefen Gewinden<br>• Gefahr des axialen Verschneidens (Vorweite) der Gewinde<br>• Umschalten der Werkzeugspindel (Ausnahme: Schneidapparat) |





## 8.2 Programmübersicht der EMUGE-Gewindebohrer

EMUGE-Maschinengewindebohrer werden aus Hochleistungs-Schnellarbeitsstählen nach EMUGE-Spezifikation oder verschiedenen Hartmetallsorten hergestellt.
Bei Werkzeugen, die einem besonderen Schneidfall zugeordnet sind, genügen die allgemein verwandten HSS-E-Werkstoffe nicht, daher werden Sonderschnellstahl-Legierungen, die dem Verwendungszweck optimal angepasst sind, eingesetzt.
Grundlage dieser modifizierten Werkzeugstähle sind die DIN-Werkstoff-Legierungen für HSS-E-Stähle. Für eine weitere Verbesserung des Leistungsvermögens der Werkzeuge werden diese oberflächenbehandelt, vom einfachen Nitrieren bis hin zu einer modernen Hartstoffbeschichtung.
Eine strenge und umfangreiche Eingangskontrolle der angelieferten Werkstoffe, sowie eine genaue Ausgangskontrolle gewährleisten eine gleichbleibende Qualität der Werkzeuge.
In einer selbstständigen Abteilung betreibt EMUGE anwendungsbezogene Forschung und Entwicklung auf dem neusten Stand der Technik – eine Grundvoraussetzung für die Weiterentwicklung von Schneidengeometrien und die Gewinnung wichtiger Erkenntnisse auf dem Gebiet der Gewindeherstellung. Aufwendige Gewindeschneidversuche auf herkömmlichen Bohr- und Gewindeschneidmaschinen, sowie auf NC- und CNC-gesteuerten Werkzeugmaschinen mit Synchronspindel und innerer Kühlmittelzufuhr garantieren die Leistungsfähigkeit und die Wirtschaftlichkeit der EMUGE-Werkzeuge.
Alle Angaben, Abbildungen und Maße können sich infolge technischer Weiterentwicklung und eventueller Normen-Neuausgaben ändern – sie sind daher nicht verbindlich.



### 8.2.1 Bezeichnung der EMUGE-Gewindebohrer

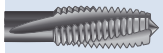
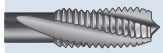
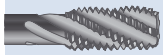
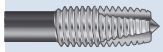
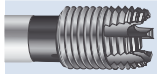
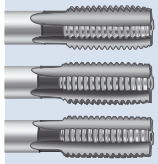
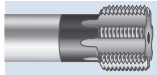
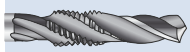
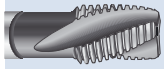
Die Bezeichnung besteht im Prinzip aus drei Bausteinen:

| **Baustein:** | **1** Typenform | **2** Bauform | **3** Merkmale |
|---|---|---|---|
| Beschreibung: | ein- oder zweiteilige EMUGE-Bezeichnung | zeigt die Bauform ähnlich DIN an | besondere Merkmale des Werkzeuges |
| Bemerkung: | Sonderwerkzeugen werden noch Bezeichnungen vorangestellt (z.B. VHM) | wird durch eine Ziffer dargestellt | werden meist als Buchstaben angehängt |



# Gewindebohren

### 8.2.1.1 Baustein 1: Typenform

| Bild | Typenform Teil 1 | | Typenform Teil 2 | Abkürzung | Beschreibung | Lochform |
|---|---|---|---|---|---|---|
|  | | **Rekord** | • **A** | Rek. A | gerade Nuten |  |
|  | | | • **B** | Rek. B | gerade Nuten, Schälanschnitt |  |
|  | | | • **C** | Rek. C | Linksspiralnuten, Drall L 15 |  |
|  | | | • **D** | Rek. D | Rechtsspiralnuten, Drall R 15 |  |
|  | | | • **DF** | Rek. DF | Rechtsspiralnuten, Drall R 15, Anteilung auf Anschnittlänge |  |
|  | | | • **AERO** | Rek. AERO | Rechtsspiralnuten, Drall R 30, erhöhte Nutenzahl |  |
|  | • | **Enorm** | | En. | Rechtsspiralnuten, Drall R 35 / R45 / R50 |  |
|  | | **Robust** | • **E** | Rob. E | kurze Schälnut |  |
|  | | | • **ES** | Rob. ES | kurze Schälnut, Schmiernuten |  |
|  | | | • **X** | Rob. X | Spanglocke |  |
|  | | **Satz** | | Satz | Gewindebohrer mit Satzabstufung, zum Gewindeschneiden von Hand |  |
|  | | **MMB** | | MMB | Maschinen-Muttergewindebohrer |  |
|  | | **AUT** | **A** | AUT | Ausführung für Drehautomaten |  |
|  | | **KOMBI** | | KOMBI | Spiralbohrer und Gewindebohrer |  |
|  | | **Trapez** | **C** | Tr | Ausführungen für Trapezgewinde |  |

• Der Punkt zeigt die Position des **Baustein 2: Bauform** an.

### 8.2.1.2 Baustein 2: Bauform

| Bild (Beispiel) | Nummer | Bauform | ähnlich DIN |
|---|---|---|---|
|  | **(leer)** | kurze Maschinengewindebohrer und Satzgewindebohrer | 352, 353, 2181 |
|  | **1** | Maschinengewindebohrer mit verstärktem Schaft | 371 |
|  | **2** | Maschinengewindebohrer mit Überlaufschaft | 376, 374 u.a. |

### 8.2.1.3 Baustein 3: Merkmale

| Kurzbezeichnung | Beschreibung |
|---|---|
| **für die spezielle Geometrie des Werkzeuges:** | |
| **- GG** | für Grauguss |
| **- MS** | für Messing (kurzspanend) |
| **- GAL** | für Gussaluminium (kurzspanend) |
| **- AL** | für Knetaluminium (langspanend) |
| **- TI** | für Titanlegierungen |
| **- MG** | für Magnesiumlegierungen |
| **- NI** | für Nickel- / Kobaltlegierungen |
| **- AERO** | für Sonderlegierungen (klemmend) |
| **- VA** | für rostfreie Stähle (langspanend) |
| **- Z** | für St37 bis Cr-Ni-Stähle (vorwiegend für BAZ) |
| **- H** | für harte, kurzspanende Werkstoffe |
| **- HCUT** | für gehärtete Stähle |
| **- W** | für weiche Werkstoffe |
| **- S** | für Hochgeschwindigkeitsschneiden |
| **- ÖKO** | für Trockenschnitt, Minimal- oder Magerschmierung |
| **- MULTI** | für eine große Werkstoffpalette |
| **- SYNCHRO** | für Synchronspindelmaschinen |
| **- F-TIC** | für hochfeste Werkstoffe |
| **- FK** | für kurzspanende und faserverstärkte Kunststoffe |
| **für die Oberfläche des Werkzeuges** (siehe **Kapitel 5**)**:** | |
| **- NE** | neutralisiert |
| **- NE2** | dampfangelassen |
| **- NT** | nitriert |
| **- NT2** | nitriert und dampfangelassen |
| **- CR** | hartverchromt |
| **- CRN** | beschichtet mit Chromnitrid |
| **- TIN / TIN-T1** | beschichtet mit Titannitrid |
| **- TICN** | beschichtet mit Titancarbonitrid |
| **- TIALN-T4** | beschichtet mit Titanaluminiumnitrid |



# Gewindebohren

| Kurzbezeichnung | Beschreibung |
|---|---|
| **Sonstiges:** | |
| **- Nr.1„Z“** | Vorschneider mit Führungszapfen |
| **- LH** | Linksgewinde |
| **- LS** | Gewindebohrer mit extra langem Schaft |
| **- AZ** | ausgesetzte Zähne |
| **- X** | konisch abgesetztes Führungsgewinde |
| **- IKZ** | innere Kühlmittelzufuhr (axial) |
| **- IKZN** | innere Kühlmittelzufuhr (axial, mit Austritt in den Nuten) |
| **- VHM** | Vollhartmetall (Schneiden- und Schaftteil) |
| **- KHM** | Vollhartmetallschneidkopf (Schneidenteil aus VHM, Schaft aus Werkzeugstahl) |
| **- HML** | Hartmetall-Leisten |
| **- UM** | Untermaß |
| **- ÜM** | Übermaß |
| **- ÖLN** | Ölnuten |

### 8.2.1.4 Bezeichnungsbeispiel

Rekord 1 A – H – TICN

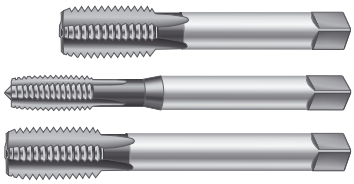
Gewindebohrer **Rekord** mit geraden Nuten für Grund- und Durchgangslöcher

Bauform **1**, Maschinengewindebohrer mit verstärktem Schaft ähnlich DIN 371

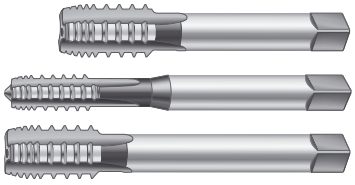
Kurzbezeichnung **H** für harte, kurzspanende Werkstoffe

Kurzbezeichnung **TICN** für Oberflächenbeschichtung mit Titancarbonitrid

## 8.2.2 Kurzbeschreibung der EMUGE-Gewindebohrer



| **Rekord A**<br>**Rekord 1A**<br>**Rekord 2A** | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.2-3<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) **3**.3 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 4 |
| Beschreibung: | • Die Nuten können nur einen Teil der Späne aufnehmen<br>• Ein Spantransport in Axialrichtung erfolgt praktisch nicht<br>• Geeignet für kurze Durchgangsloch- und Grundlochgewinde in kurzspanende Werkstoffe |
| Oberfläche: | • blank (auf Wunsch Ne2 für kohlenstoffarme Stähle) |



| **Rekord A-AZ**<br>**Rekord 1A-AZ**<br>**Rekord 2A-AZ** | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.2-3<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) **3**.3 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 4 |
| Beschreibung: | • AZ bedeutet ausgesetzte Zähne, d.h., jeder zweite Gewindezahn ist auf Profiltiefe ausgeschliffen<br>• Reduzierung der Flankenreibung<br>• Kühlschmiermittel fließt ungehindert zwischen die Reibpartner |
| Oberfläche: | • blank (auf Wunsch Ne2 für kohlenstoffarme Stähle) |

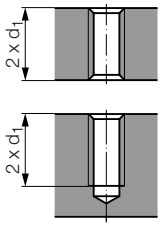
[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.

**Typ:** Rekord A



**Nut:** gerade

**Lochform:**




➤ *siehe auch:*







*www.emuge-franken.com*



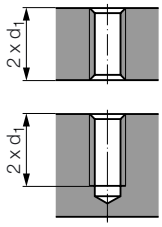
# Gewindebohren

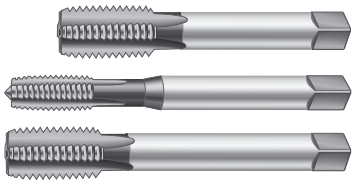
**Typ:** Rekord A



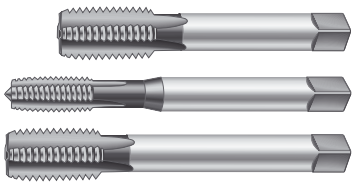
**Nut:** gerade

**Lochform:**



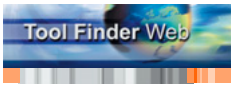
| Rekord A-MS<br>Rekord 1A-MS<br>Rekord 2A-MS | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) **3**.3 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 3, 4 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „MS“<br>• speziell der geringe Spanwinkel ist notwendig, um lehrenhaltige Gewinde zu erzeugen<br>• Oberflächenbehandlung Cr (hartverchromt) oder CrN erhöht die Standzeit |
| Oberfläche: | • blank (auf Wunsch Cr oder CrN) |



| Rekord A-GAL<br>Rekord 1A-GAL<br>Rekord 2A-GAL | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Alu-Gusslegierungen Si ≤ 12% **5**.2-3 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 3, 4 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „GAL“<br>• für diese Werkstoffe erhalten die Werkzeuge immer eine Oberflächenbehandlung<br>• erzielen dadurch in stark verschleißenden Material ordentliche Standwege |
| Oberfläche: | • NT |

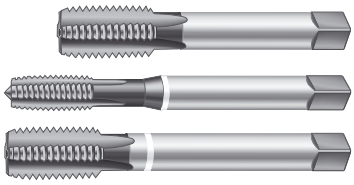
➤ *siehe auch:*

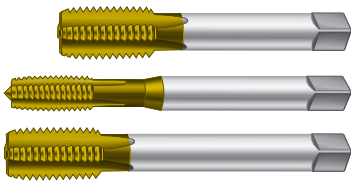


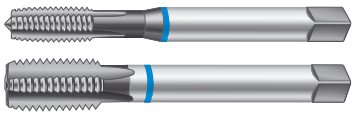

*www.emuge-franken.com*

# Gewindebohren





| Rekord A-GG<br>Rekord 1A-GG<br>Rekord 2A-GG | Rekord A-GG-TIN<br>Rekord 1A-GG-TIN<br>Rekord 2A-GG-TIN |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Gusseisenwerkstoffe **2**.1 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 2, 3 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „GG“<br>• für diese abrasiven Werkstoffe erhalten die Werkzeuge immer eine Oberflächenbehandlung zur Standzeiterhöhung<br>• TiN-Beschichtung erzeugt bessere Gewindeoberflächen<br>• TiN-Beschichtung ermöglicht größere Schnittgeschwindigkeiten |
| Oberfläche: | • NT<br>• TiN |
| Kennzeichnung: | weißer Farbring (nicht bei TiN-Beschichtung) |





| Rekord 1A-H<br>Rekord 2A-H | Rekord 1A-H-LS<br>Rekord 2A-H-LS |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1400 N/mm² und gehärtete Stähle bis 44 HRC **1**.4-5<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.1-4<br>• Kupfer-Legierungen **3**.4-5<br>• Kupfer-Sonderlegierungen bis Q18 **3**.6<br>• Duroplaste (kurzspanend) **8**.1<br>• Graphit **9**.1 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 5, 6 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „H“<br>• die relativ großen Freiwinkelwerte bringen in Verbindung mit der Oberflächenbehandlung (NT) in abrasiven Werkstoffen sehr hohe Standwege<br>• Ausführung auch mit extra langem Schaft LS für schwer zugängliche Gewinde |
| Oberfläche: | • NT |
| Kennzeichnung: | blauer Farbring |

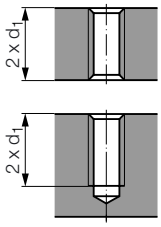
[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.

**Typ:** Rekord A



**Nut:** gerade

**Lochform:**




➤ *siehe auch:*







*www.emuge-franken.com*



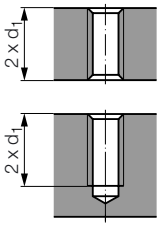
# Gewindebohren

**Typ:** Rekord A



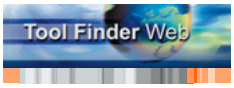
**Nut:** gerade

**Lochform:**




➤ *siehe auch:*



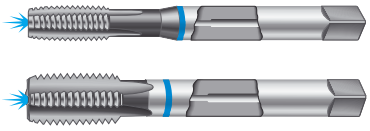



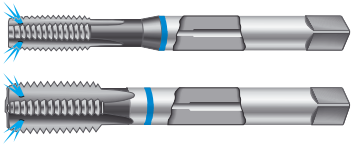

*www.emuge-franken.com*



## Rekord 1A-H-TICN
## Rekord 2A-H-TICN

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1400 N/mm² und gehärtete Stähle bis 44 HRC **1**.4-5<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1400 N/mm² **1**.12<br>• Stahl-Sonderwerkstoffe **1**.13<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.1-4<br>• Kupfer-Legierungen **3**.4-5<br>• Kupfer-Sonderlegierungen bis Q18 **3**.6<br>• Duroplaste (kurzspanend) **8**.1 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 5, 6 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „H“<br>• die relativ großen Freiwinkelwerte bringen in Verbindung mit der Oberflächenbehandlung (TiCN) in abrasiven Werkstoffen sehr hohe Standwege<br>• TiCN-Beschichtung erzeugt bessere Gewindeoberflächen<br>• TiCN-Beschichtung erlaubt größere Schnittgeschwindigkeiten<br>• TiCN-Beschichtung ermöglicht höhere Standzeiten |
| Oberfläche: | • TiCN |





## Rekord 1A-H-IKZ
## Rekord 2A-H-IKZ

## Rekord 1A-H-IKZN
## Rekord 2A-H-IKZN

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1400 N/mm² und gehärtete Stähle bis 44 HRC **1**.4-5<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.1-4<br>• Kupfer-Legierungen **3**.4-5<br>• Kupfer-Sonderlegierungen bis Q18 **3**.6<br>• Duroplaste (kurzspanend) **8**.1<br>• Graphit **9**.1 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „H“<br>• die relativ großen Freiwinkelwerte bringen in Verbindung mit der Oberflächenbehandlung (NT) in abrasiven Werkstoffen sehr hohe Standwege<br>• IKZ/IKZN verbessert das Ausspülen der Späne aus den Spannuten<br>• IKZ nur für Grundloch geeignet<br>• IKZN bei Durchgangslöchern erforderlich |
| Oberfläche: | • NT |
| Kennzeichnung: | blauer Farbring |



**Rekord 1A-Z-TICN**
**Rekord 2A-Z-TICN**

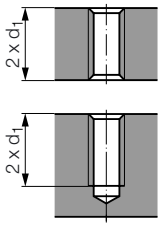
| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1400 N/mm² und gehärtete Stähle bis 44 HRC **1**.4-5<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1400 N/mm² **1**.12<br>• Stahl-Sonderwerkstoffe **1**.13<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.1-4<br>• Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze kurzspanend) **3**.5<br>• Kupfer-Sonderlegierungen **3**.6-7<br>• Nickel-/Kobalt-Legierungen hochwarmfest **4**.2<br>• Duroplaste (kurzspanend) **8**.1 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 5, 6 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „Z“<br>• schneidfreudige Geometrie speziell für NC-gesteuerte Werkzeugmaschinen<br>• TiCN-Beschichtung erzeugt bessere Gewindeoberflächen<br>• TiCN-Beschichtung erlaubt größere Schnittgeschwindigkeiten<br>• TiCN-Beschichtung ermöglicht höhere Standzeiten |
| Oberfläche: | • TiCN |

**Typ:** Rekord A



**Nut:** gerade

**Lochform:**




➤ *siehe auch:*







*www.emuge-franken.com*

[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.



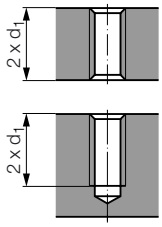
# Gewindebohren

**Typ:** Rekord A



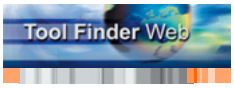
**Nut:** gerade

**Lochform:**

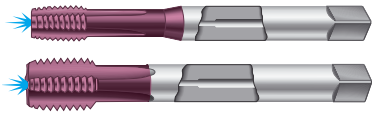


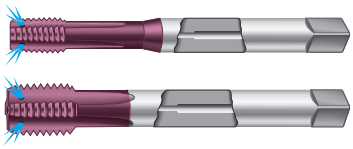

➤ *siehe auch:*




www.emuge-franken.com





| **Rekord 1A-Z-IKZ-TICN**<br>**Rekord 2A-Z-IKZ-TICN** | **Rekord 1A-Z-IKZN-TICN**<br>**Rekord 2A-Z-IKZN-TICN** |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1400 N/mm² und gehärtete Stähle bis 44 HRC **1**.4-5<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1400 N/mm² **1**.12<br>• Stahl-Sonderwerkstoffe **1**.13<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.1-4<br>• Kupfer-Legierungen **3**.4-5<br>• Kupfer-Sonderlegierungen **3**.6-7<br>• Nickel-/Kobalt-Legierungen hochwarmfest **4**.2<br>• Alu-Gusslegierungen 5% < Si ≤ 12% **5**.3<br>• Alu-Gusslegierungen 12% < Si **5**.4<br>• Duroplaste (kurzspanend) **8**.1 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „Z“<br>• schneidfreudige Geometrie speziell für NC-gesteuerte Werkzeugmaschinen<br>• IKZ/IKZN verbessert das Ausspülen der Späne aus den Spannuten<br>• IKZ nur für Grundloch geeignet<br>• IKZN bei Durchgangslöchern erforderlich<br>• TiCN-Beschichtung erzeugt bessere Gewindeoberflächen<br>• TiCN-Beschichtung erlaubt größere Schnittgeschwindigkeiten<br>• TiCN-Beschichtung ermöglicht höhere Standzeiten |
| Oberfläche: | • TiCN |



| **Rekord 1A-MG-GLT-1**<br>**Rekord 2A-MG-GLT-1** | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Magnesium-Knetlegierungen **6**.1<br>• Magnesium-Gusslegierungen **6**.2 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 3, 4, Trocken |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „MG“<br>• mit spezieller Gleitstoffschicht GLT-1 |
| Oberfläche: | • GLT-1 |

# Gewindebohren



## Rekord 1A-HCUT-TICN
## Rekord 2A-HCUT-TICN

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • gehärtete Stähle > 44 - 55 HRC **1**.6<br>• Hartguss bis 400 HB **2**.5 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 5, 6 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „HCUT“<br>• Schneidstoff HSS-PM<br>• erhöhte Vorbohrdurchmesser |
| Oberfläche: | • TiCN |

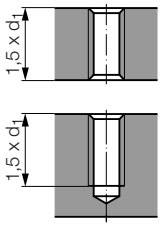
[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.

**Typ:** Rekord A



**Nut:** gerade

**Lochform:**




➤ *siehe auch:*







*www.emuge-franken.com*



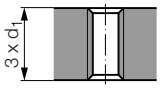
# Gewindebohren

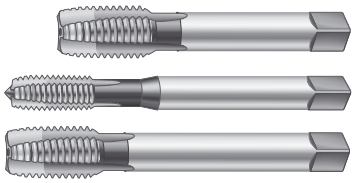
**Typ:** Rekord B



**Nut:** gerade, mit Schälanschnitt

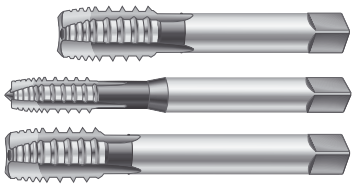
**Lochform:**





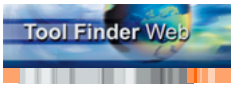
| **Rekord B**<br>**Rekord 1B**<br>**Rekord 2B** | **Rekord 1B-LS**<br>**Rekord 2B-LS** |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form B/4-5 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.2-3<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) **3**.2 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 4 |
| Beschreibung: | • Schälnuten schieben Späne eng gerollt nach vorne<br>• Späne bilden einen Spanzopf<br>• kein Verstopfen der Spannut<br>• Schmiermittel fließt ungehindert nach<br>• Ausführung auch mit extra langem Schaft LS für schwer zugängliche Gewinde |
| Oberfläche: | • blank |



| **Rekord B-AZ**<br>**Rekord 1B-AZ**<br>**Rekord 2B-AZ** | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form B/4-5 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • schmierende Werkstoffe **1**.2-3 **3**.2 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 4 |
| Beschreibung: | • AZ bedeutet ausgesetzte Zähne, d.h., jeder zweite Gewindezahn ist auf Profiltiefe ausgeschliffen<br>• Reduzierung der Flankenreibung<br>• Kühlschmiermittel fließt ungehindert zwischen die Reibpartner |
| Oberfläche: | • blank (auf Wunsch Ne2 für kohlenstoffarme Stähle) |

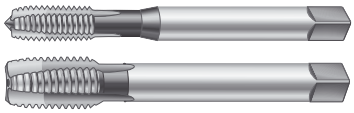
➤ *siehe auch:*




*www.emuge-franken.com*

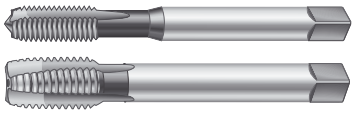
# Gewindebohren



**Typ:** Rekord B



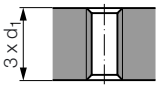
| **Rekord 1B-NE2**<br>**Rekord 2B-NE2** | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form B/4-5 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3 |
| Beschreibung: | • Schälnuten schieben Späne eng gerollt nach vorne<br>• Späne bilden einen Spanzopf<br>• kein Verstopfen der Spannut<br>• Schmiermittel fließt ungehindert nach |
| Oberfläche: | • Ne2 (für kohlenstoffarme Stähle) |



| **Rekord 1B-AL**<br>**Rekord 2B-AL** | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form B/ca. 3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Alu-Knetlegierungen **5**.1 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 3, 4 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „AL“<br>• die Späne müssen bei diesen langspanenden Werkstoffen unbedingt in axialer Richtung aus den Nuten ausgeschoben werden |
| Oberfläche: | • blank |

**Nut:** gerade, mit Schälanschnitt

**Lochform:**




➤ *siehe auch:*







*www.emuge-franken.com*

[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.



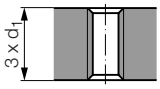
# Gewindebohren

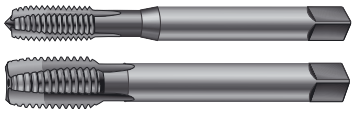
**Typ:** Rekord B



**Nut:** gerade, mit Schälanschnitt

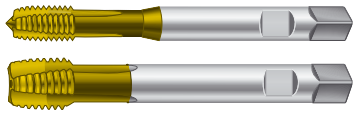
**Lochform:**



## MULTI-Rekord 1B-NT2
## MULTI-Rekord 2B-NT2

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form B/4-5 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.1-4<br>• Kupfer-Zinn-/Kupfer-Alu-Legierungen (Bronze, Alubronze langspanend) **3**.4<br>• Alu-Gusslegierungen **5**.2-4 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 4 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „MULTI“<br>• für fast alle Stahlwerkstoffe<br>• Lagerhaltungskosten werden reduziert |
| Oberfläche: | • NT2 |

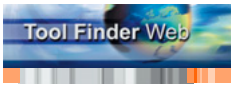


## MULTI-Rekord 1B-1835-TIN
## MULTI-Rekord 2B-1835-TIN

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form B/4-5 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.1-4<br>• Kupfer-Zinn-/Kupfer-Alu-Legierungen (Bronze, Alubronze langspanend) **3**.4<br>• Alu-Gusslegierungen **5**.2-4 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 5, 6 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „MULTI“<br>• für fast alle Stahlwerkstoffe<br>• eine Werkzeugausführung für eine große Werkstoffpalette<br>• Lagerhaltungskosten werden reduziert<br>• TiN-Beschichtung erzeugt bessere Gewindeoberflächen<br>• TiN-Beschichtung erlaubt größere Schnittgeschwindigkeiten<br>• TiN-Beschichtung ermöglicht höhere Standzeiten<br>• Schaft mit seitlicher Mitnahmefläche nach DIN 1835 B zur Aufnahme in entsprechende Spannfutter<br>• Schafttoleranz h6<br>• Einsatz auf Maschinen mit synchron gesteuerter Spindel<br>• Baumaße nach EMUGE-Norm mit Vierkant |
| Oberfläche: | • TiN |

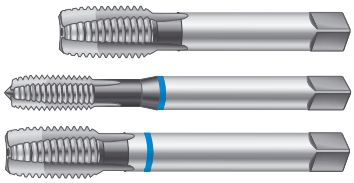
➤ *siehe auch:*




*www.emuge-franken.com*

# Gewindebohren



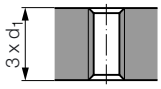


**Typ:** Rekord B



**Nut:** gerade, mit Schälanschnitt

**Lochform:**




| **Rekord B-VA**<br>**Rekord 1B-VA**<br>**Rekord 2B-VA** | **Rekord 1B-VA-LS**<br>**Rekord 2B-VA-LS** |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form B/4-5 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.2-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.2-4<br>• Kupfer-Zinn-/Kupfer-Alu-Legierungen (Bronze, Alubronze langspanend) **3**.4<br>• Alu-Gusslegierungen 5% < Si ≤ 12% **5**.3 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 5, 6 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „VA“<br>• speziell der erhöhte Profilfreiwinkel reduziert die Reibung und damit die Neigung zu Kaltpressschweißungen<br>• bei zähem, langspanendem Material muss der Span axial in eine Richtung geführt werden, um Spanverklemmungen zu vermeiden<br>• Ausführung auch mit extra langem Schaft LS für schwer zugängliche Gewinde |
| Oberfläche: | • NT |
| Kennzeichnung: | blauer Farbring |

[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.

➤ *siehe auch:*







*www.emuge-franken.com*



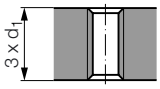
# Gewindebohren

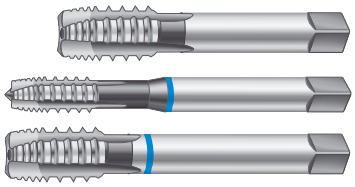
**Typ:** Rekord B



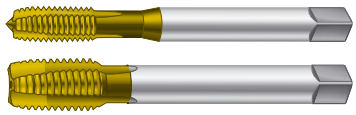
**Nut:** gerade, mit Schälanschnitt

**Lochform:**



| **Rekord B-VA-AZ**<br>**Rekord 1B-VA-AZ**<br>**Rekord 2B-VA-AZ** | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form B/4-5 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.2-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.2-4<br>• Kupfer-Zinn-/Kupfer-Alu-Legierungen (Bronze, Alubronze langspanend) **3**.4<br>• Alu-Gusslegierungen 5% < Si ≤ 12% **5**.3 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 5, 6 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „VA“<br>• speziell der erhöhte Profilfreiwinkel reduziert die Reibung und damit die Neigung zu Kaltpressschweißungen<br>• bei zähem, langspanendem Material muss der Span axial in eine Richtung geführt werden, um Spanverklemmungen zu vermeiden<br>• AZ bedeutet ausgesetzte Zähne, d.h., jeder zweite Gewindezahn ist auf Profiltiefe ausgeschliffen<br>• Reduzierung der Flankenreibung<br>• Kühlschmiermittel fließt ungehindert zwischen die Reibpartner |
| Oberfläche: | • NT |
| Kennzeichnung: | blauer Farbring |



| **Rekord 1B-TIN**<br>**Rekord 2B-TIN** | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form B/4-5 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.2-4<br>• Kupfer-Zinn-/Kupfer-Alu-Legierungen (Bronze, Alubronze langspanend) **3**.4<br>• Alu-Gusslegierungen **5**.2-4 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 5, 6 |
| Beschreibung: | • TiN-Beschichtung erzeugt bessere Gewindeoberflächen<br>• TiN-Beschichtung erlaubt größere Schnittgeschwindigkeiten<br>• TiN-Beschichtung ermöglicht höhere Standzeiten<br>• Vermeidung von Kaltpressschweißungen<br>• besserer Spanablauf durch günstigere Gleiteigenschaften der Beschichtung<br>• besserer Spanablauf führt zu längerem Spanzopf |
| Oberfläche: | • TiN |

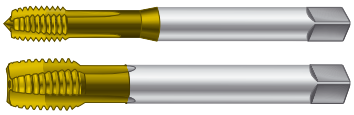
➤ *siehe auch:*







*www.emuge-franken.com*



**Rekord 1B-Z-TIN**
**Rekord 2B-Z-TIN**

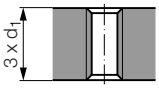
| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form B/4-5 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1400 N/mm² und gehärtete Stähle bis 44 HRC **1**.4-5<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1400 N/mm² **1**.12<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.2-4<br>• Kupfer und niedriglegiertes Kupfer bis 500 N/mm² **3**.1<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) **3**.2<br>• Kupfer-Zinn-/Kupfer-Alu-Legierungen (Bronze, Alubronze langspanend) **3**.4<br>• Alu-Gusslegierungen **5**.2-4 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 5, 6 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „Z“<br>• schneidfreudige Geometrie speziell für NC-gesteuerte Werkzeugmaschinen<br>• TiN-Beschichtung erzeugt bessere Gewindeoberflächen<br>• TiN-Beschichtung erlaubt größere Schnittgeschwindigkeiten<br>• TiN-Beschichtung ermöglicht höhere Standzeiten |
| Oberfläche: | • TiN |

**Typ:** Rekord B



**Nut:** gerade, mit Schälanschnitt

**Lochform:**




➤ *siehe auch:*







*www.emuge-franken.com*

[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.



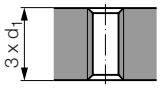
# Gewindebohren

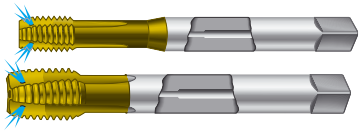
**Typ:** Rekord B



**Nut:** gerade, mit Schälanschnitt

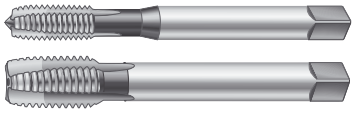
**Lochform:**



## Rekord 1B-Z-IKZN-TIN
## Rekord 2B-Z-IKZN-TIN

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form B/4-5 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1400 N/mm² und gehärtete Stähle bis 44 HRC **1**.4-5<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1400 N/mm² **1**.12<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.2-4<br>• Kupfer und niedriglegiertes Kupfer bis 500 N/mm² **3**.1<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) **3**.2<br>• Kupfer-Zinn-/Kupfer-Alu-Legierungen (Bronze, Alubronze langspanend) **3**.4<br>• Alu-Gusslegierungen **5**.2-4 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „Z“<br>• schneidfreudige Geometrie speziell für NC-gesteuerte Werkzeugmaschinen<br>• Anschneiddruck bleibt konstant<br>• TiN-Beschichtung erzeugt bessere Gewindeoberflächen<br>• TiN-Beschichtung erlaubt größere Schnittgeschwindigkeiten<br>• TiN-Beschichtung ermöglicht höhere Standzeiten<br>• IKZN verbessert das Ausspülen der Späne aus den Spannuten |
| Oberfläche: | • TiN |

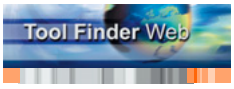


## Rekord 1B-AERO
## Rekord 2B-AERO

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form B/ca. 3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Vergütungs-, Nitrier-, Warmarbeitsstähle bis 1400 N/mm², gehärtete Stähle bis 44 HRC **1**.5<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1400 N/mm² **1**.12<br>• Stahl-Sonderwerkstoffe **1**.13<br>• Nickel-/Kobalt-Legierungen warmfest und hochwarmfest bis 1400 N/mm² **4**.1-2<br>• Titan und Titanlegierungen bis 1250 N/mm² **7**.1-2 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 5, 6 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „AERO“<br>• für Sonderlegierungen (klemmend), die sehr zäh, klemmend und hochfest sind<br>• auf eine ausreichende Kühlschmierung muss geachtet werden |
| Oberfläche: | • NT |

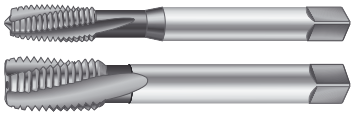
➤ *siehe auch:*



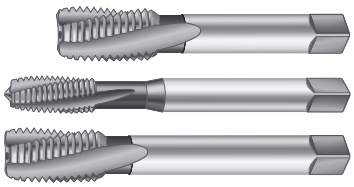

*www.emuge-franken.com*

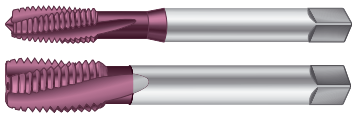
# Gewindebohren



**Rekord 1C**
**Rekord 2C**

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form D/4-5 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.2-3<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) **3**.2 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 4 |
| Beschreibung: | • Spanwinkel über den gesamten Anschnitt konstant im Gegensatz zur Ausführung „Rekord B“ mit Schälanschnitt<br>• Schneiden mit Spiralnuten eignen sich gut für Gewinde, die durch Längsnuten oder Querbohrungen unterbrochen sind, sowie für Bohrungen mit schrägem Austritt |





**Rekord C-TI**
**Rekord 1C-TI**
**Rekord 2C-TI**
**Rekord 1C-TI-TICN**
**Rekord 2C-TI-TICN**

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form D/4-5 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Vergütungs-, Nitrier-, Warmarbeitsstähle bis 1400 N/mm², gehärtete Stähle bis 44 HRC **1**.5<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1400 N/mm² **1**.12<br>• Stahl-Sonderwerkstoffe **1**.13<br>• Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze kurzspanend) **3**.5<br>• Kupfer-Sonderlegierungen bis Q18 **3**.6<br>• Nickel-/Kobalt-Legierungen warmfest bis 850 N/mm² **4**.1<br>• Titan und Titanlegierungen bis 1250 N/mm² **7**.1-2 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 5, 6 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „TI“<br>• für sehr feste, langspanende und klemmende Werkstoffe wie z.B. Titan- und Cr-Ni-Legierungen<br>• TiCN-Beschichtung erzeugt bessere Gewindeoberflächen<br>• TiCN-Beschichtung erlaubt größere Schnittgeschwindigkeiten<br>• TiCN-Beschichtung ermöglicht höhere Standzeiten |
| Oberfläche: | • NT<br>• TiCN |

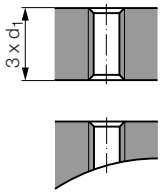
[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.

**Typ:** Rekord C



**Nut:** Linksspirale
L15

**Lochform:**




➤ *siehe auch:*







*www.emuge-franken.com*



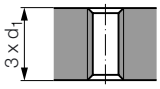
# Gewindebohren

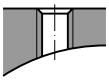
**Typ:** Rekord C

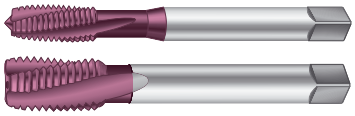


**Nut:** Linksspirale
L8

**Lochform:**



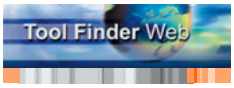





| Rekord 1C-NI-TICN<br>Rekord 2C-NI-TICN | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form D/4-5 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Stahl-Sonderwerkstoffe **1**.13<br>• Kupfer-Sonderlegierungen über Q18 **3**.7<br>• Nickel-/Kobalt-Legierungen hochwarmfest **4**.2 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 5, 6 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „NI“<br>• Schneiden mit Spiralnuten eignen sich gut für Gewinde, die durch Längsnuten oder Querbohrungen unterbrochen sind, sowie für Bohrungen mit schrägem Austritt |
| Oberfläche: | • TiCN |

➤ *siehe auch:*




*www.emuge-franken.com*

# Gewindebohren



## Robust 1E

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form B/4-5 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.2-3 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3 |
| Beschreibung: | • hervorragende Eigenführung<br>• dadurch geeignet für den Einsatz an konventionellen Maschinen<br>• speziell für dünnwandige Bauteile und Bleche<br>• die Schälnuten schieben die Späne eng gerollt nach vorne, die Späne bilden einen „Spanzopf“ |
| Oberfläche: | • blank |

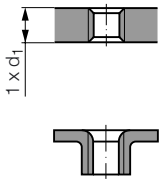
[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.

**Typ:** Robust E



**Nut:** Schälnut

**Lochform:**




➤ *siehe auch:*







*www.emuge-franken.com*



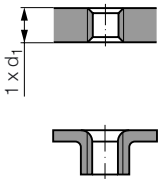
# Gewindebohren

**Typ:** Robust ES



**Nut:** Schälnut
mit Schmiernuten

**Lochform:**

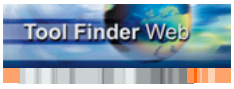





| Robust 1ES | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form B/4-5 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.2-3 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3 |
| Beschreibung: | • hervorragende Eigenführung<br>• dadurch geeignet für den Einsatz an konventionellen Maschinen<br>• speziell für dünnwandige Bauteile und Bleche<br>• die Schälnuten schieben die Späne eng gerollt nach vorne, die Späne bilden einen „Spanzopf“ |
| Oberfläche: | • blank |

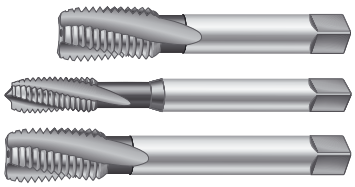
➤ *siehe auch:*



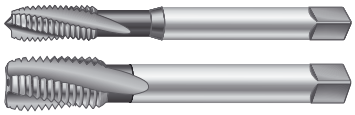




*www.emuge-franken.com*

# Gewindebohren



| Rekord D<br>Rekord 1D<br>Rekord 2D | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.2-3<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) **3**.2 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 4 |
| Beschreibung: | • schwach rechtsgedrallte Nuten befördern das Spanmaterial aus der Bohrung<br>• bei Gewinden mit vorgesetzter Bohrung sind die schwach gedrallten Nuten von Vorteil<br>• gut geeignet für den Einsatz auf Drehautomaten und Mehrspindel-Maschinen |
| Oberfläche: | • blank |



| Rekord 1D-GAL<br>Rekord 2D-GAL | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Alu-Gusslegierungen Si ≤ 12% **5**.2-3 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 4 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „GAL“<br>• für diese Werkstoffe erhalten die Werkzeuge immer eine Oberflächenbehandlung, erzielen dadurch in stark verschleißendem Material ordentliche Standwege |
| Oberfläche: | • NT |

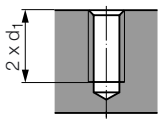
[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.

**Typ:** Rekord D



**Nut:** Rechtsspirale
R15

**Lochform:**




➤ *siehe auch:*







*www.emuge-franken.com*



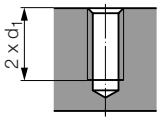
# Gewindebohren

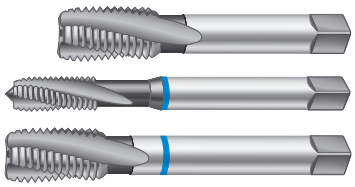
**Typ:** Rekord D

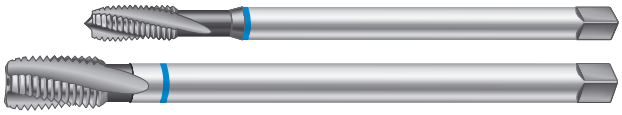


**Nut:** Rechtsspirale
R15

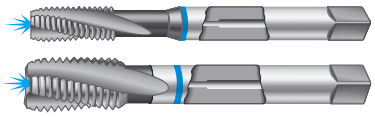
**Lochform:**





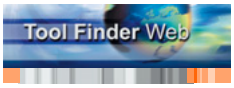
| **Rekord D-VA/E**<br>**Rekord 1D-VA/E**<br>**Rekord 2D-VA/E** | **Rekord 1D-VA/E-LS**<br>**Rekord 2D-VA/E-LS** |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form E/1,5-2 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.2-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Kupfer-Zinn-/Kupfer-Alu-Legierungen (Bronze, Alubronze langspanend) **3**.4 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 5, 6 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „VA“<br>• speziell der erhöhte Profilfreiwinkel reduziert die Reibung und damit die Neigung zu Kaltpressschweißungen<br>• bei zähem, langspanendem Material muss der Span axial in eine Richtung geführt werden, um Spanverklemmungen zu vermeiden<br>• Anschnittlänge von 1,5-2 Gg. für Armaturenfertigung besonders geeignet<br>• Ausführung auch mit extra langem Schaft LS für schwer zugängliche Gewinde |
| Oberfläche: | • blank |
| Kennzeichnung: | blauer Farbring |



| **Rekord 1D-VA-IKZ**<br>**Rekord 2D-VA-IKZ** | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.2-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Kupfer-Zinn-/Kupfer-Alu-Legierungen (Bronze, Alubronze langspanend) **3**.4 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „VA“<br>• speziell der erhöhte Profilfreiwinkel reduziert die Reibung und damit die Neigung zu Kaltpressschweißungen<br>• IKZ verbessert das Ausspülen der Späne aus den Spannuten |
| Oberfläche: | • blank |
| Kennzeichnung: | blauer Farbring |

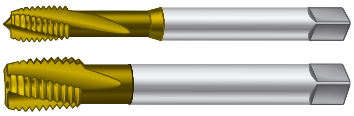
➤ *siehe auch:*



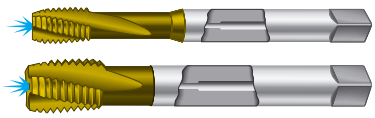

*www.emuge-franken.com*

[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.



## Rekord 1D-Z-TIN
## Rekord 2D-Z-TIN

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1400 N/mm² und gehärtete Stähle bis 44 HRC **1**.4-5<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1400 N/mm² **1**.12<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.2-4<br>• Kupfer und niedriglegiertes Kupfer bis 500 N/mm² **3**.1<br>• Kupfer-Zinn-/Kupfer-Alu-Legierungen (Bronze, Alubronze langspanend) **3**.4<br>• Alu-Knetlegierungen **5**.1<br>• Alu-Gusslegierungen **5**.2-4 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 5, 6 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „Z“<br>• schneidfreudige Geometrie speziell für NC-gesteuerte Werkzeugmaschinen<br>• Anschneiddruck bleibt konstant<br>• TiN-Beschichtung erzeugt bessere Gewindeoberflächen<br>• TiN-Beschichtung erlaubt größere Schnittgeschwindigkeiten<br>• TiN-Beschichtung ermöglicht höhere Standzeiten |
| Oberfläche: | • TiN |



## Rekord 1D-Z-IKZ-TIN
## Rekord 2D-Z-IKZ-TIN

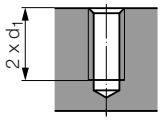
| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1400 N/mm² und gehärtete Stähle bis 44 HRC **1**.4-5<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1400 N/mm² **1**.12<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.2-4<br>• Kupfer und niedriglegiertes Kupfer bis 500 N/mm² **3**.1<br>• Kupfer-Zinn-/Kupfer-Alu-Legierungen (Bronze, Alubronze langspanend) **3**.4<br>• Alu-Knetlegierungen **5**.1<br>• Alu-Gusslegierungen **5**.2-4 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „Z“<br>• schneidfreudige Geometrie speziell für NC-gesteuerte Werkzeugmaschinen<br>• Anschneiddruck bleibt konstant<br>• TiN-Beschichtung erzeugt bessere Gewindeoberflächen<br>• TiN-Beschichtung erlaubt größere Schnittgeschwindigkeiten<br>• TiN-Beschichtung ermöglicht höhere Standzeiten<br>• IKZ verbessert das Ausspülen der Späne aus den Spannuten |
| Oberfläche: | • TiN |

**Typ:** Rekord D



**Nut:** Rechtsspirale R15

**Lochform:**




➤ *siehe auch:*







*www.emuge-franken.com*



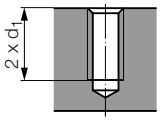
# Gewindebohren

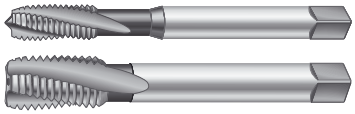
**Typ:** Rekord D

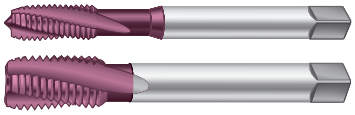


**Nut:** Rechtsspirale
R15

**Lochform:**



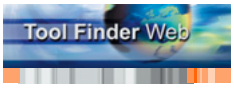





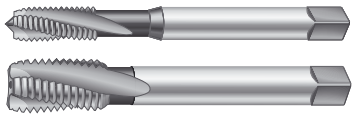
| Rekord 1D-TI<br>Rekord 2D-TI | Rekord 1D-TI-TICN<br>Rekord 2D-TI-TICN |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Vergütungs-, Nitrier-, Warmarbeitsstähle bis 1400 N/mm², gehärtete Stähle bis 44 HRC **1**.5<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1400 N/mm² **1**.12<br>• Stahl-Sonderwerkstoffe **1**.13<br>• Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze kurzspanend) **3**.5<br>• Kupfer-Sonderlegierungen bis Q18 **3**.6<br>• Nickel-/Kobalt-Legierungen warmfest bis 850 N/mm² **4**.1<br>• Titan und Titanlegierungen bis 1250 N/mm² **7**.1-2 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 5, 6 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „TI“<br>• für sehr feste, langspanende und klemmende Werkstoffe wie z.B. Titan- und Cr-Ni-Legierungen<br>• TiCN-Beschichtung erzeugt bessere Gewindeoberflächen<br>• TiCN-Beschichtung erlaubt größere Schnittgeschwindigkeiten<br>• TiCN-Beschichtung ermöglicht höhere Standzeiten |
| Oberfläche: | • NT<br>• TiCN |

➤ *siehe auch:*

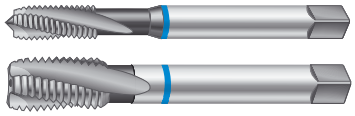



*www.emuge-franken.com*



| Rekord 1DF<br>Rekord 2DF | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.2-3<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) **3**.2 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 4 |
| Beschreibung: | • zusätzliche Anteilung „F“ (Freischliff) im Anschnittbereich, der entgegen des Drallwinkels gerichtet ist<br>• Späne werden teilweise durch die Anteilung nach vorne geschoben<br>• geeignet für Grundlochgewinde mit ausreichendem Auslauf |
| Oberfläche: | • blank |



| Rekord 1DF-VA<br>Rekord 2DF-VA | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.2-4<br>• Kupfer-Zinn-/Kupfer-Alu-Legierungen (Bronze, Alubronze langspanend) **3**.4 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 5, 6 |
| Beschreibung: | • zusätzliche Anteilung „F“ (Freischliff) im Anschnittbereich, der entgegen des Drallwinkels gerichtet ist<br>• Späne werden teilweise durch die Anteilung nach vorne geschoben<br>• mit besonderer Schneidengeometrie „VA“<br>• speziell der erhöhte Profilfreiwinkel reduziert die Reibung und damit die Neigung zu Kaltpressschweißungen |
| Oberfläche: | • NT |
| Kennzeichnung: | blauer Farbring |

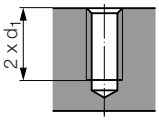
[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.

**Typ:** Rekord DF



**Nut:** Rechtsspirale R15 mit Anteilung/Freischliff

**Lochform:**




➤ *siehe auch:*







*www.emuge-franken.com*



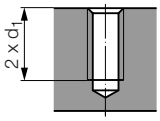
# Gewindebohren

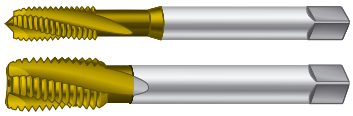
**Typ:** Rekord DF



**Nut:** Rechtsspirale R15 mit Anteilung/Freischliff

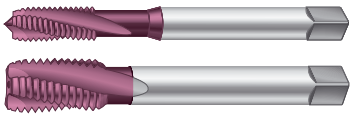
**Lochform:**



## Rekord 1DF-TIN
## Rekord 2DF-TIN

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.2-4<br>• Kupfer-Zinn-/Kupfer-Alu-Legierungen (Bronze, Alubronze langspanend) **3**.4<br>• Alu-Gusslegierungen **5**.2-4 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 5, 6 |
| Beschreibung: | • zusätzliche Anteilung „F“ (Freischliff) im Anschnittbereich, der entgegen des Drallwinkels gerichtet ist<br>• zusätzliche Anteilung im Anschnittbereich wird nach dem Beschichten angebracht (blank)<br>• Erzeugung kurzer Wendelspäne beim Gleiten des Spanmaterials über die unbeschichtet Anteilung<br>• Vermeidung langer Späne und Spanverwicklungen<br>• Späne werden teilweise durch die Anteilung nach vorne geschoben |
| Oberfläche: | • TiN |



## Rekord 1DF-NI-TICN
## Rekord 2DF-NI-TICN

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Stahl-Sonderwerkstoffe **1**.13<br>• Kupfer-Sonderlegierungen über Q18 **3**.7<br>• Nickel-/Kobalt-Legierungen hochwarmfest **4**.2 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 5, 6 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „NI“<br>• zusätzliche Anteilung „F“ (Freischliff) im Anschnittbereich, der entgegen des Drallwinkels gerichtet ist<br>• Späne werden teilweise durch die Anteilung nach vorne geschoben<br>• geeignet für Grundlochgewinde mit ausreichendem Auslauf |
| Oberfläche: | • TiCN |

➤ *siehe auch:*

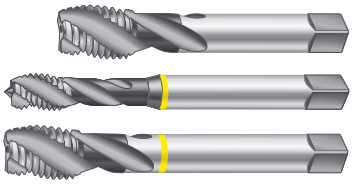






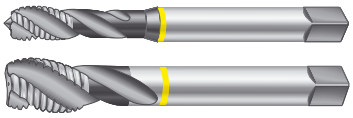
*www.emuge-franken.com*

# Gewindebohren





| Enorm<br>1 Enorm<br>2 Enorm | 1 Enorm-LS<br>2 Enorm-LS |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.2-3<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) **3**.2 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 4 |
| Beschreibung: | • guter Spantransport aus der Bohrung heraus<br>• empfohlen für Grundlochgewinde in langspanendem Material<br>• Ausführung auch mit extra langem Schaft LS für schwer zugängliche Gewinde |
| Oberfläche: | • blank |
| Kennzeichnung: | gelber Farbring |



| 1 Enorm-X<br>2 Enorm-X | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.2-3<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) **3**.2 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 4 |
| Beschreibung: | • „X“ bedeutet konisch abgesetztes Führungsgewinde<br>• Zahnausbrüche im Führungsgewinde auf Grund von Spanverklemmungen werden vermieden<br>• Reduzierung der Reibung beim Gewindeschneiden |
| Oberfläche: | • blank |
| Kennzeichnung: | gelber Farbring |

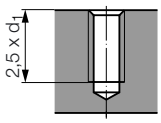
[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.

**Typ:** Enorm



**Nut:** Rechtsspirale
R35

**Lochform:**




➤ *siehe auch:*







*www.emuge-franken.com*



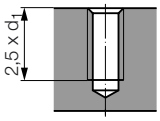
# Gewindebohren

**Typ:** Enorm



**Nut:** Rechtsspirale
R35

**Lochform:**






## 1 Enorm-X-NE

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, weiche Stähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 4 |
| Beschreibung: | • „X“ bedeutet konisch abgesetztes Führungsgewinde<br>• Zahnausbrüche im Führungsgewinde auf Grund von Spanverklemmungen werden vermieden<br>• Reduzierung der Reibung beim Gewindeschneiden |
| Oberfläche: | • Ne |
| Kennzeichnung: | gelber Farbring |



## 1 Enorm-AL

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Alu-Knetlegierungen **5**.1 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 4 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „AL“<br>• die Späne müssen bei diesen langspanenden Werkstoffen unbedingt in axialer Richtung aus den Nuten ausgeschoben werden<br>• verringerte Nutenzahl mit vergrößertem Spanraum |
| Oberfläche: | • blank |

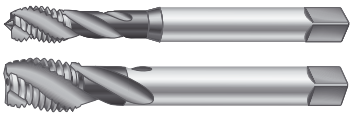
➤ *siehe auch:*





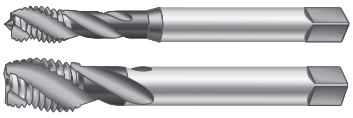


*www.emuge-franken.com*



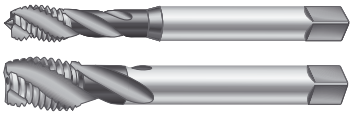
## 1 Enorm-W

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Alu-Knetlegierungen **5**.1 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „W“<br>• der hohe Spanwinkel bringt saubere Gewindeflanken und gute Spanbildung |
| Oberfläche: | • blank |



## 1 Enorm-W-NE2
## 2 Enorm-W-NE2

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, weiche Stähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „W“<br>• der hohe Spanwinkel bringt saubere Gewindeflanken und gute Spanbildung |
| Oberfläche: | • Ne2 |



## 1 Enorm-W-AL
## 2 Enorm-W-AL

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Alu-Knetlegierungen **5**.1 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 4 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „W-AL“<br>• der hohe Spanwinkel bringt saubere Gewindeflanken und gute Spanbildung<br>• die Späne müssen bei diesen langspanenden Werkstoffen unbedingt in axialer Richtung aus den Nuten ausgeschoben werden |
| Oberfläche: | • blank |

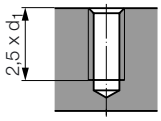
[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.

**Typ:** Enorm



**Nut:** Rechtsspirale
R35

**Lochform:**




➤ *siehe auch:*







*www.emuge-franken.com*



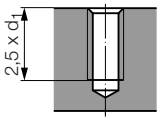
# Gewindebohren

**Typ:** Enorm



**Nut:** Rechtsspirale
R35

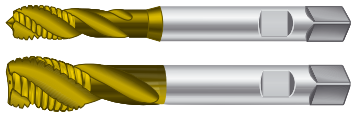
**Lochform:**






## MULTI-1 Enorm-NE2
## MULTI-2 Enorm-NE2

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.1-4<br>• Kupfer-Zinn-/Kupfer-Alu-Legierungen (Bronze, Alubronze langspanend) **3**.4<br>• Alu-Gusslegierungen **5**.2-4 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 4 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „MULTI“<br>• für fast alle Stahlwerkstoffe<br>• Lagerhaltungskosten werden reduziert |
| Oberfläche: | • Ne2 |



## MULTI-1 Enorm-1835-TIN
## MULTI-2 Enorm-1835-TIN

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.1-4<br>• Kupfer-Zinn-/Kupfer-Alu-Legierungen (Bronze, Alubronze langspanend) **3**.4<br>• Alu-Gusslegierungen **5**.2-4 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 5, 6 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „MULTI“<br>• für fast alle Stahlwerkstoffe<br>• eine Werkzeugausführung für eine große Werkstoffpalette<br>• Lagerhaltungskosten werden reduziert<br>• TiN-Beschichtung erzeugt bessere Gewindeoberflächen<br>• TiN-Beschichtung erlaubt größere Schnittgeschwindigkeiten<br>• TiN-Beschichtung ermöglicht höhere Standzeiten<br>• Schaft mit seitlicher Mitnahmefläche nach DIN 1835 B zur Aufnahme in entsprechende Spannfutter<br>• Schafttoleranz h6<br>• Einsatz auf Maschinen mit synchron gesteuerter Spindel<br>• Baumaße nach EMUGE-Norm mit Vierkant |
| Oberfläche: | • TiN |

➤ *siehe auch:*

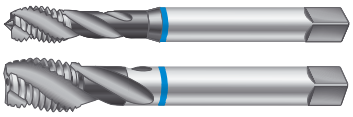






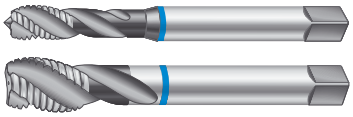
*www.emuge-franken.com*

# Gewindebohren





| 1 Enorm-VA<br>2 Enorm-VA | 1 Enorm-VA-LS<br>2 Enorm-VA-LS |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.2-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Kupfer-Zinn-/Kupfer-Alu-Legierungen (Bronze, Alubronze langspanend) **3**.4 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 5, 6 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „VA“<br>• speziell der erhöhte Profilfreiwinkel reduziert die Reibung und damit die Neigung zu Kaltpressschweißungen<br>• bei zähem, langspanendem Material muss der Spantransport entgegen der Vorschubrichtung ohne Störeinflüsse erfolgen, um Spanverklemmungen zu vermeiden<br>• Ausführung auch mit extra langem Schaft LS für schwer zugängliche Gewinde |
| Oberfläche: | • blank |
| Kennzeichnung: | blauer Farbring |



| 1 Enorm-X-VA<br>2 Enorm-X-VA | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.2-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Kupfer-Zinn-/Kupfer-Alu-Legierungen (Bronze, Alubronze langspanend) **3**.4 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 5, 6 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „VA“<br>• speziell der erhöhte Profilfreiwinkel reduziert die Reibung und damit die Neigung zu Kaltpressschweißungen<br>• bei zähem, langspanendem Material muss der Spantransport entgegen der Vorschubrichtung ohne Störeinflüsse erfolgen, um Spanverklemmungen zu vermeiden<br>• „X“ bedeutet konisch abgesetztes Führungsgewinde<br>• Zahnausbrüche im Führungsgewinde auf Grund von Spanverklemmungen werden vermieden<br>• Reduzierung der Reibung beim Gewindeschneiden |
| Oberfläche: | • blank |
| Kennzeichnung: | blauer Farbring |

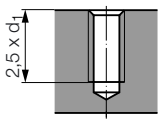
[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.

**Typ:** Enorm



**Nut:** Rechtsspirale
R35

**Lochform:**




➤ *siehe auch:*







*www.emuge-franken.com*



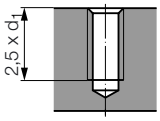
# Gewindebohren

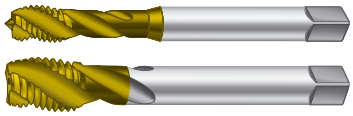
**Typ:** Enorm



**Nut:** Rechtsspirale
R35

**Lochform:**



**1 Enorm-TIN**
**2 Enorm-TIN**

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstahl, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.2-4<br>• Kupfer-Zinn-/Kupfer-Alu-Legierungen (Bronze, Alubronze langspanend) **3**.4 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 5, 6 |
| Beschreibung: | • TiN-Beschichtung erzeugt bessere Gewindeoberflächen<br>• TiN-Beschichtung erlaubt größere Schnittgeschwindigkeiten<br>• TiN-Beschichtung ermöglicht höhere Standzeiten<br>• Vermeidung von Kaltpressschweißungen<br>• besserer Spanablauf durch günstigere Gleiteigenschaften der Beschichtung<br>• besserer Spanablauf führt zu längerem „Spanzopf“ |
| Oberfläche: | • TiN |

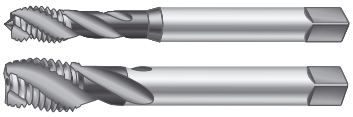
➤ *siehe auch:*



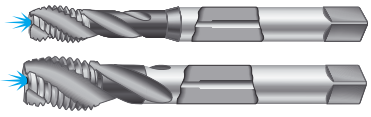




*www.emuge-franken.com*



| 1 Enorm-Z<br>2 Enorm-Z | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. (DIN-Form E/1,5-2 Gg.) |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.2-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Kupfer und niedriglegiertes Kupfer bis 500 N/mm² **3**.1<br>• Kupfer-Zinn-/Kupfer-Alu-Legierungen (Bronze, Alubronze langspanend) **3**.4 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 5, 6 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „Z“<br>• schneidfreudige Geometrie speziell für NC-gesteuerte Werkzeugmaschinen<br>• erhöhter Spantransport entgegen der Vorschubrichtung durch erhöhte Spiralsteigung<br>• kurzer Anschnitt (Form E) für Armaturen- und Hydraulikbereich |
| Oberfläche: | • blank |



| 1 Enorm-Z-IKZ<br>2 Enorm-Z-IKZ | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. (DIN-Form E/1,5-2 Gg.) |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.2-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Kupfer und niedriglegiertes Kupfer bis 500 N/mm² **3**.1<br>• Kupfer-Zinn-/Kupfer-Alu-Legierungen (Bronze, Alubronze langspanend) **3**.4 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „Z“<br>• schneidfreudige Geometrie speziell für NC-gesteuerte Werkzeugmaschinen<br>• erhöhter Spantransport entgegen der Vorschubrichtung durch erhöhte Spiralsteigung<br>• IKZ verbessert das Ausspülen der Späne aus den Spannuten<br>• kurzer Anschnitt (Form E) für Armaturen- und Hydraulikbereich |
| Oberfläche: | • blank |

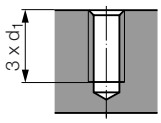
[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.

**Typ:** Enorm



**Nut:** Rechtsspirale
R45

**Lochform:**




➤ *siehe auch:*







*www.emuge-franken.com*



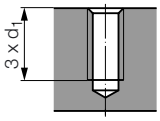
# Gewindebohren

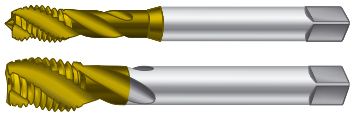
**Typ:** Enorm

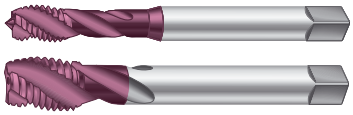


**Nut:** Rechtsspirale
R45

**Lochform:**

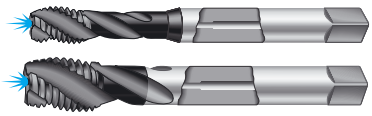




| 1 Enorm-Z-TIN<br>2 Enorm-Z-TIN | 1 Enorm-Z-TICN<br>2 Enorm-Z-TICN |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. (DIN-Form E/1,5-2 Gg.) |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Kupfer und niedriglegiertes Kupfer bis 500 N/mm² **3**.1<br>• Kupfer-Zinn-/Kupfer-Alu-Legierungen (Bronze, Alubronze langspanend) **3**.4<br>• Alu-Gusslegierungen **5**.2-4 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 5, 6 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „Z“<br>• schneidfreudige Geometrie speziell für NC-gesteuerte Werkzeugmaschinen<br>• erhöhter Spantransport entgegen der Vorschubrichtung durch erhöhte Spiralsteigung<br>• TiN/TiCN-Beschichtung erzeugt bessere Gewindeoberflächen<br>• TiN/TiCN-Beschichtung erlaubt größere Schnittgeschwindigkeiten<br>• TiN/TiCN-Beschichtung ermöglicht höhere Standzeiten<br>• kurzer Anschnitt (Form E) für Armaturen- und Hydraulikbereich |
| Oberfläche: | • TiN<br>• TiCN |

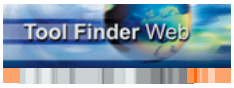




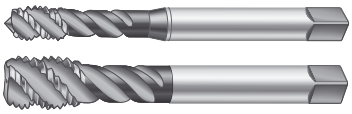
| 1 Enorm-Z-GLT-1<br>2 Enorm-Z-GLT-1 | 1 Enorm-Z-IKZ-GLT-1<br>2 Enorm-Z-IKZ-GLT-1 |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1400 N/mm² **1**.12 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 3 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „Z“<br>• schneidfreudige Geometrie speziell für NC-gesteuerte Werkzeugmaschinen<br>• erhöhter Spantransport entgegen der Vorschubrichtung durch erhöhte Spiralsteigung<br>• IKZ verbessert das Ausspülen der Späne aus den Spannuten |
| Oberfläche: | • GLT-1 |

➤ *siehe auch:*




*www.emuge-franken.com*



**1 Enorm-Z50**
**2 Enorm-Z50**

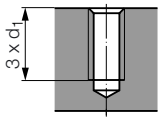
| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.2-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Kupfer und niedriglegiertes Kupfer bis 500 N/mm² **3**.1<br>• Kupfer-Zinn-/Kupfer-Alu-Legierungen (Bronze, Alubronze langspanend) **3**.4 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 5, 6 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „Z“<br>• schneidfreudige Geometrie speziell für NC-gesteuerte Werkzeugmaschinen<br>• erhöhter Spantransport entgegen der Vorschubrichtung durch erhöhte Spiralsteigung<br>• noch höherer Drallwinkel R 50 bei der „Z50-Geometrie“ bewirkt optimierten Spanausschub |
| Oberfläche: | • blank |

**Typ:** Enorm



**Nut:** Rechtsspirale R50

**Lochform:**




➤ *siehe auch:*







*www.emuge-franken.com*

[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.



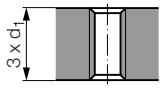
# Gewindebohren

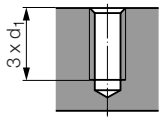
**Typ:** Robust X



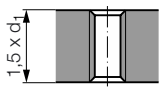
**Nut:** kurze Schälnut mit Spanglocke

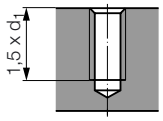
**Lochform:**



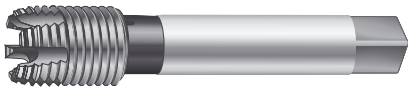



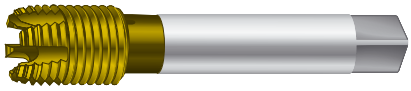

**für Satz à 2**




**für Einschnitt**





| **Robust 2X-VA**<br>**Robust 2X-VA Satz à 2** | **Robust 2X-VA-TIN**<br>**Robust 2X-VA-TIN Satz à 2** |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.1-4<br>• Kupfer-Zinn-/Kupfer-Alu-Legierungen (Bronze, Alubronze langspanend) **3**.4 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 5, 6 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „VA“<br>• speziell der erhöhte Profilfreiwinkel reduziert die Reibung und damit die Neigung zu Kaltpressschweißungen<br>• speziell ausgebildete Schneidenkrone<br>• hervorragende Eigenführung schon beim Anschneiden<br>• dadurch werden sehr genaue und saubere Gewinde erreicht<br>• Spanmaterial wird durch den schälartigen Anschnittbereich nach vorne geschoben und in der Aussparung (Spanglocke) gesammelt<br>• trotz Schälanschnitt Grundlochgewinde möglich<br>• Spannuten nur bis zum Führungsteil<br>• Schmiermittelzufluss wird beim Eingriff des ersten vollen Zahns unterbrochen<br>• bei vertikaler Bearbeitung Grundloch mit Gewindeschneidöl füllen<br>• bei horizontaler Bearbeitung Kernlochbohrung und Werkzeug vorher mit Paste einstreichen<br>• bei Werkstoffen über 1200 N/mm² Zugfestigkeit wird die Satzausführung empfohlen<br>• TiN-Beschichtung erzeugt bessere Gewindeoberflächen<br>• TiN-Beschichtung erlaubt größere Schnittgeschwindigkeiten<br>• TiN-Beschichtung ermöglicht höhere Standzeiten |
| Oberfläche: | • NT2<br>• TiN |
| Kennzeichnung: | blauer Farbring (nicht bei TiN) |



## KOMBI

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.2-3<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) **3**.2 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 3 |
| Beschreibung: | • für dünnwandige Bauteile und Bleche<br>• ermöglicht Kernlochbohren und Gewindeschneiden in einem Arbeitsgang<br>• Maschinen mit umschaltbaren Drehzahlen für den jeweiligen Arbeitsgang Bohren und Gewindeschneiden nötig<br>• nur für Durchgangslöcher möglich<br>• Der Vorschub ist dem jeweiligen Arbeitsgang anzupassen<br>• Die Bohrspitze muss vor dem Gewindeschneiden (und der Vorschubänderung) bereits aus dem Werkstück ausgetreten sein<br>• Gewindeschneidfutter mit Längenausgleich auf Druck können hier nicht verwendet werden |
| Oberfläche: | • blank |

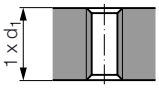
[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.

**Typ:** KOMBI



**Nut:** Rechtsspirale

**Lochform:**




➤ *siehe auch:*







*www.emuge-franken.com*



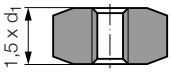
# Gewindebohren

**Typ:** MMB



**Nut:** gerade

**Lochform:**






## MMB-DIN357

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | langer Anschnitt |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.2-3<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) **3**.2 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 3 |
| Beschreibung: | • für geringe Mutterhöhen |
| Oberfläche: | • Ne (bei Baustahl mit Zugfestigkeit ≤ 400 N/mm²) |

➤ *siehe auch:*



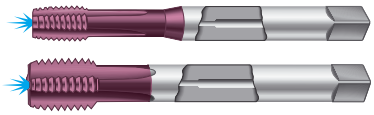


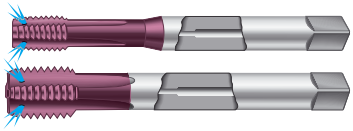


*www.emuge-franken.com*



| Rekord 1A-S-TICN<br>Rekord 2A-S-TICN | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Gusseisenwerkstoffe **2**.1-4<br>• Kupfer-Legierungen **3**.3, 5<br>• Alu-Gusslegierungen **5**.2-4 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 4 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „S“<br>• spezielle Geometrie in Verbindung mit einer Hartstoffschicht bietet die Möglichkeit, hohe Schnittgeschwindigkeiten zu realisieren<br>• CNC-Maschinen, auch in Verbindung mit Gewindeschneidapparaten, sind die Voraussetzung, hohe Drehzahlen zu erreichen |
| Oberfläche: | • TiCN |





| Rekord 1A-S-IKZ-TICN<br>Rekord 2A-S-IKZ-TICN | Rekord 1A-S-IKZN-TICN<br>Rekord 2A-S-IKZN-TICN |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Gusseisenwerkstoffe **2**.1-4<br>• Kupfer-Legierungen **3**.3, 5<br>• Alu-Gusslegierungen **5**.2-4 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 4 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „S“<br>• spezielle Geometrie in Verbindung mit einer Hartstoffschicht bietet die Möglichkeit, hohe Schnittgeschwindigkeiten zu realisieren<br>• CNC-Maschinen, auch in Verbindung mit Gewindeschneidapparaten, sind die Voraussetzung, hohe Drehzahlen zu erreichen<br>• IKZ/IKZN verbessert das Ausspülen der Späne aus den Spannuten<br>• IKZ nur für Grundloch geeignet<br>• IKZN bei Durchgangslöchern erforderlich |
| Oberfläche: | • TiCN |

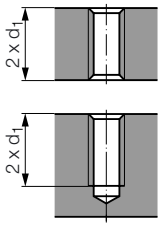
[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.

**Typ:** Rekord A-S



**Nut:** gerade

**Lochform:**




➤ *siehe auch:*







*www.emuge-franken.com*



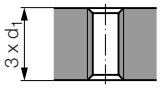
# Gewindebohren

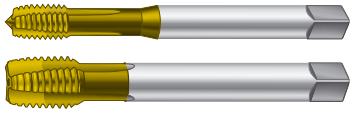
**Typ:** Rekord B-S



**Nut:** gerade, mit Schälanschnitt

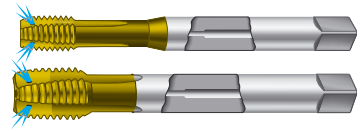
**Lochform:**



## Rekord 1B-S-TIN
## Rekord 2B-S-TIN

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form B/4-5 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.2-4<br>• Kupfer und niedriglegiertes Kupfer bis 500 N/mm² **3**.1<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) **3**.2<br>• Alu-Knetlegierungen **5**.1<br>• Alu-Gusslegierungen **5**.2-4 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 4 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „S“<br>• spezielle Geometrie in Verbindung mit einer Hartstoffschicht bietet die Möglichkeit, hohe Schnittgeschwindigkeiten zu realisieren<br>• CNC-Maschinen, auch in Verbindung mit Gewindeschneidapparaten, sind die Voraussetzung, hohe Drehzahlen zu erreichen |
| Oberfläche: | • TiN |

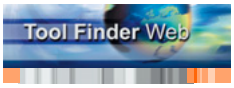


## Rekord 1B-S-IKZN-TIN
## Rekord 2B-S-IKZN-TIN

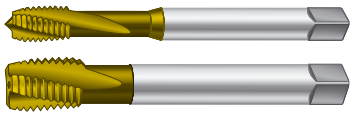
| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form B/4-5 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.2-4<br>• Kupfer und niedriglegiertes Kupfer bis 500 N/mm² **3**.1<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) **3**.2<br>• Alu-Knetlegierungen **5**.1<br>• Alu-Gusslegierungen **5**.2-4 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 4 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „S“<br>• spezielle Geometrie in Verbindung mit einer Hartstoffschicht bietet die Möglichkeit, hohe Schnittgeschwindigkeiten zu realisieren<br>• CNC-Maschinen, auch in Verbindung mit Gewindeschneidapparaten, sind die Voraussetzung, hohe Drehzahlen zu erreichen<br>• IKZN verbessert das Ausspülen der Späne aus den Spannuten |
| Oberfläche: | • TiN |

➤ *siehe auch:*



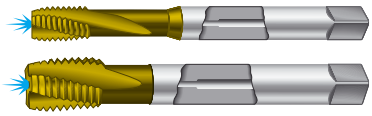




*www.emuge-franken.com*



## Rekord 1D-S-TIN
## Rekord 2D-S-TIN

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.2-4<br>• Kupfer und niedriglegiertes Kupfer bis 500 N/mm² **3**.1<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) **3**.2<br>• Alu-Knetlegierungen **5**.1<br>• Alu-Gusslegierungen **5**.2-4 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 4 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „S“<br>• spezielle Geometrie in Verbindung mit einer Hartstoffschicht bietet die Möglichkeit, hohe Schnittgeschwindigkeiten zu realisieren<br>• CNC-Maschinen, auch in Verbindung mit Gewindeschneidapparaten, sind die Voraussetzung, hohe Drehzahlen zu erreichen |
| Oberfläche: | • TiN |



## Rekord 1D-S-IKZ-TIN
## Rekord 2D-S-IKZ-TIN

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.2-4<br>• Kupfer und niedriglegiertes Kupfer bis 500 N/mm² **3**.1<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) **3**.2<br>• Alu-Knetlegierungen **5**.1<br>• Alu-Gusslegierungen **5**.2-4 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 4 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „S“<br>• spezielle Geometrie in Verbindung mit einer Hartstoffschicht bietet die Möglichkeit, hohe Schnittgeschwindigkeiten zu realisieren<br>• CNC-Maschinen, auch in Verbindung mit Gewindeschneidapparaten, sind die Voraussetzung, hohe Drehzahlen zu erreichen<br>• IKZ verbessert das Ausspülen der Späne aus den Spannuten |
| Oberfläche: | • TiN |

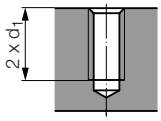
[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.

**Typ:** Rekord D-S



**Nut:** Rechtsspirale R15

**Lochform:**




➤ *siehe auch:*







*www.emuge-franken.com*



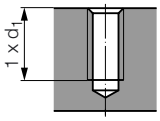
# Gewindebohren

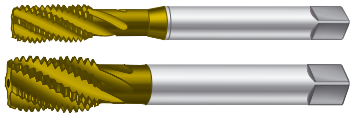
**Typ:** Rekord AERO-S



**Nut:** Rechtsspirale
R30

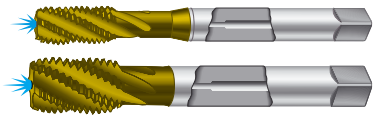
**Lochform:**



## Rekord 1AERO-S/E-TIN
## Rekord 2AERO-S/E-TIN

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form E/1,5-2 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Kupfer und niedriglegiertes Kupfer bis 500 N/mm² **3**.1<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) **3**.2<br>• Alu-Knetlegierungen **5**.1 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 4 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „S“<br>• die Bauform „AERO“ ermöglicht trotz des kurzen Anschnitts durch die hohe Nutenzahl hervorragende Standzeitergebnisse<br>• kurzer Anschnitt für Grundlochgewinde mit geringem Auslauf<br>• auch für dünnwandige Bauteile geeignet |
| Oberfläche: | • TiN |

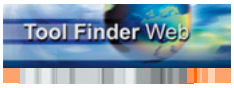


## Rekord 1AERO-S-IKZ/E-TIN
## Rekord 2AERO-S-IKZ/E-TIN

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form E/1,5-2 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Kupfer und niedriglegiertes Kupfer bis 500 N/mm² **3**.1<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) **3**.2<br>• Alu-Knetlegierungen **5**.1 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 4 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „S“<br>• IKZ verbessert das Ausspülen der Späne aus den Spannuten |
| Oberfläche: | • TiN |

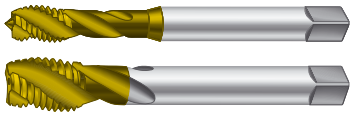
➤ *siehe auch:*

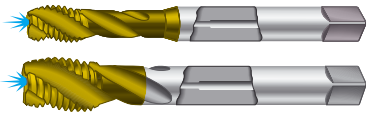



*www.emuge-franken.com*

# Gewindebohren





| 1 Enorm-S-TIN<br>2 Enorm-S-TIN | 1 Enorm-S-IKZ-TIN<br>2 Enorm-S-IKZ-TIN |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Kupfer und niedriglegiertes Kupfer bis 500 N/mm² **3**.1<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) **3**.2<br>• Alu-Knetlegierungen **5**.1<br>• Alu-Gusslegierungen **5**.2-4 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 4 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „S“<br>• spezielle Geometrie in Verbindung mit einer Hartstoffschicht bietet die Möglichkeit, hohe Schnittgeschwindigkeiten zu realisieren<br>• CNC-Maschinen, auch in Verbindung mit Gewindeschneidapparaten, sind die Voraussetzung, hohe Drehzahlen zu erreichen<br>• erhöhter Spanausschub entgegen der Vorschubrichtung durch vergrößerte Spiralsteigung<br>• IKZ verbessert das Ausspülen der Späne aus den Spannuten |
| Oberfläche: | • TiN |

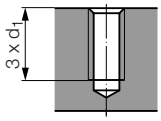
[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.

**Typ:** Enorm-S



**Nut:** Rechtsspirale
R45

**Lochform:**




➤ *siehe auch:*





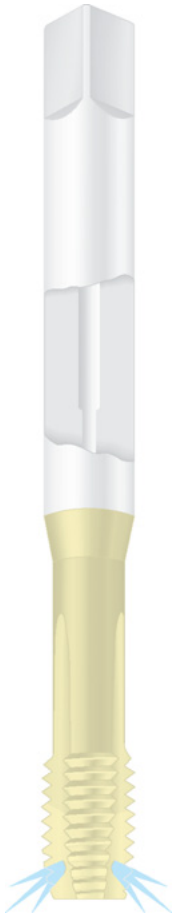


*www.emuge-franken.com*



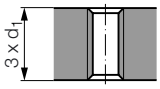
# Gewindebohren

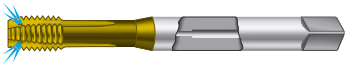
**Typ:**
Rekord B-SYNCHRO



**Nut:** gerade, mit Schälanschnitt

**Lochform:**



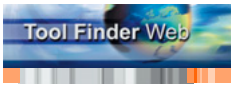



## Rekord 1B-SYNCHRO-IKZN-TIN-T1

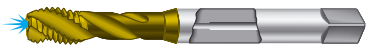
| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form B/4Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1400 N/mm² und gehärtete Stähle bis 44 HRC **1**.4-5<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1400 N/mm² **1**.12<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.2-4<br>• Kupfer und niedriglegiertes Kupfer bis 500 N/mm² **3**.1<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) **3**.2<br>• Kupfer-Zinn-/Kupfer-Alu-Legierungen (Bronze, Alubronze langspanend) **3**.4<br>• Alu-Gusslegierungen **5**.2-4 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „SYNCHRO“<br>• Werkzeuggeometrie speziell für den Einsatz an modernen CNC-Bearbeitungsmaschinen mit Synchronspindel<br>• IKZN verbessert das Ausspülen der Späne aus den Spannuten<br>• nur in Verbindung mit KSN/Softsynchro-Futtern einsetzen (siehe **Kapitel 19.1.8.6**) |
| Oberfläche: | • TiN-T1 |

➤ *siehe auch:*




*www.emuge-franken.com*



## 1 Enorm-SYNCHRO-IKZ-TIN-T1

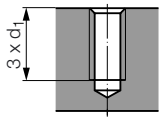
| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Kupfer und niedriglegiertes Kupfer bis 500 N/mm² **3**.1<br>• Kupfer-Zinn-/Kupfer-Alu-Legierungen (Bronze, Alubronze langspanend) **3**.4<br>• Alu-Gusslegierungen **5**.2-4 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „SYNCHRO“<br>• Werkzeuggeometrie speziell für den Einsatz an modernen CNC-Bearbeitungsmaschinen mit Synchronspindel<br>• IKZ verbessert das Ausspülen der Späne aus den Spannuten<br>• nur in Verbindung mit KSN/Softsynchro-Futtern einsetzen (siehe **Kapitel 19.1.8.6**) |
| Oberfläche: | • TiN-T1 |

**Typ:**
Enorm-SYNCHRO



**Nut:** Rechtsspirale
R45

**Lochform:**




➤ *siehe auch:*







*www.emuge-franken.com*

[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.



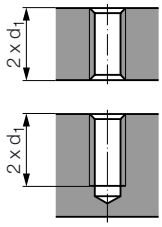
# Gewindebohren

**Typ:** Rekord A-ÖKO



**Nut:** gerade

**Lochform:**




➤ *siehe auch:*





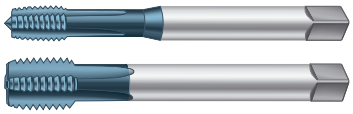


*www.emuge-franken.com*



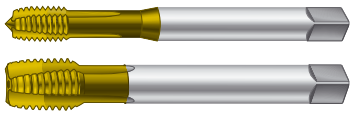
## Rekord 1A-ÖKO-TICN
## Rekord 2A-ÖKO-TICN

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Gusseisenwerkstoffe **2**.1-4<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) **3**.3<br>• Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze kurzspanend) **3**.5 |
| Kühlschmiermittel [2]: | — |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „ÖKO“<br>• für Trockenschnitt und Minimalmengenschmierung MMS<br>• Schneidergebnis bei Einsatz von chlorhaltigen Ölen und Emulsionen unerreicht<br>• oft ist es jedoch nötig, mit „mageren“ Emulsionen zu schneiden oder ganz auf Schmierstoffe zu verzichten. Gründe hierfür sind z.B. Entsorgungskosten von Schmierstoffen oder aufwendiges Reinigen der geschnittenen Gewinde |
| Oberfläche: | • TiCN |



## Rekord 1A-ÖKO-TIALN-T4
## Rekord 2A-ÖKO-TIALN-T4

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Gusseisenwerkstoffe **2**.1-4 |
| Kühlschmiermittel [2]: | — |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „ÖKO“<br>• nur für Trockenschnitt<br>• Schneidergebnis im reinen Trockenschnitt unerreicht<br>• Blasluftzuführung zur Unterstützung des Stantransportes hilfreich<br>• oft ist es jedoch nötig, mit „mageren“ Emulsionen zu schneiden oder ganz auf Schmierstoffe zu verzichten. Gründe hierfür sind z.B. Entsorgungskosten von Schmierstoffen oder aufwendiges Reinigen der geschnittenen Gewinde |
| Oberfläche: | • TiAlN-T4 |



**Rekord 1B-ÖKO-TIN**
**Rekord 2B-ÖKO-TIN**

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form B/4-5 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.2-4<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) **3**.2 |
| Kühlschmiermittel [2]: | — |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „ÖKO“<br>• für Trockenschnitt und Minimalmengenschmierung MMS<br>• Schneidergebnis bei Einsatz von chlorhaltigen Ölen und Emulsionen unerreicht<br>• oft ist es jedoch nötig, mit „mageren“ Emulsionen zu schneiden oder ganz auf Schmierstoffe zu verzichten. Gründe hierfür sind z.B. Entsorgungskosten von Schmierstoffen oder aufwendiges Reinigen der geschnittenen Gewinde |
| Oberfläche: | • TiN |

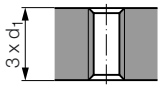
[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.

**Typ:** Rekord B-ÖKO



**Nut:** gerade, mit Schälanschnitt

**Lochform:**




➤ *siehe auch:*







*www.emuge-franken.com*



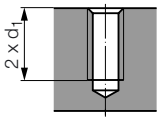
# Gewindebohren

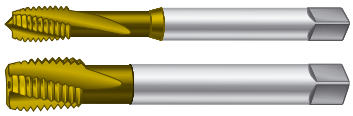
**Typ:** Rekord D-ÖKO



**Nut:** Rechtsspirale
R15

**Lochform:**



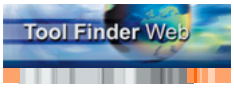



## Rekord 1D-ÖKO-TIN
## Rekord 2D-ÖKO-TIN

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.2-4<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) **3**.2 |
| Kühlschmiermittel [2]: | — |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „ÖKO“<br>• für Trockenschnitt und Minimalmengenschmierung MMS<br>• Schneidergebnis bei Einsatz von chlorhaltigen Ölen und Emulsionen unerreicht<br>• oft ist es jedoch nötig, mit „mageren“ Emulsionen zu schneiden oder ganz auf Schmierstoffe zu verzichten. Gründe hierfür sind z.B. Entsorgungskosten von Schmierstoffen oder aufwendiges Reinigen der geschnittenen Gewinde |
| Oberfläche: | • TiN |

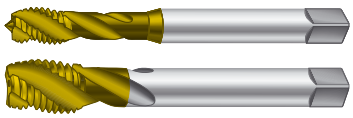
➤ *siehe auch:*

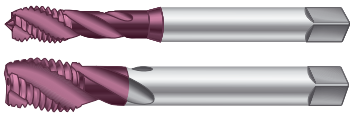



*www.emuge-franken.com*

# Gewindebohren





| 1 Enorm-ÖKO-TIN<br>2 Enorm-ÖKO-TIN | 1 Enorm-ÖKO-TICN<br>2 Enorm-ÖKO-TICN |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) **3**.2 |
| Kühlschmiermittel [2]: | — |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „ÖKO“<br>• für Trockenschnitt und Minimalmengenschmierung MMS<br>• oft ist es jedoch nötig, mit „mageren“ Emulsionen zu schneiden oder ganz auf Schmierstoffe zu verzichten. Gründe hierfür sind z.B. Entsorgungskosten von Schmierstoffen oder aufwendiges Reinigen der geschnittenen Gewinde |
| Oberfläche: | • TiN<br>• TiCN |

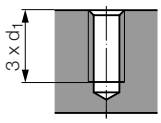
[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.

**Typ:** Enorm-ÖKO



**Nut:** Rechtsspirale R45

**Lochform:**




➤ *siehe auch:*







*www.emuge-franken.com*



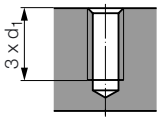
# Gewindebohren

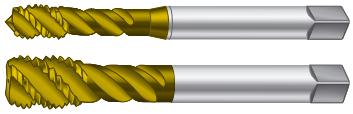
**Typ:** Enorm-ÖKO50



**Nut:** Rechtsspirale R50

**Lochform:**



## 1 Enorm-ÖKO50-TIN
1 Enorm-ÖKO50-TIN

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) **3**.2 |
| Kühlschmiermittel [2]: | — |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „ÖKO“<br>• für Trockenschnitt und Minimalmengenschmierung MMS<br>• oft ist es jedoch nötig, mit „mageren“ Emulsionen zu schneiden oder ganz auf Schmierstoffe zu verzichten. Gründe hierfür sind z.B. Entsorgungskosten von Schmierstoffen oder aufwendiges Reinigen der geschnittenen Gewinde<br>• noch höherer Drallwinkel R50 bei der „ÖKO50“-Geometrie bewirkt optimierten Spanausschub |
| Oberfläche: | • TiN |

➤ *siehe auch:*

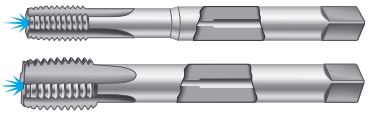






*www.emuge-franken.com*





## VHM-Rekord 1A-H-IKZ
## VHM/KHM-Rekord 2A-H-IKZ

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Vergütungs-, Nitrier-, Warmarbeitsstähle bis 1400 N/mm², gehärtete Stähle bis 44 HRC **1**.5<br>• gehärtete Stähle > 44 - 55 HRC **1**.6<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.1-4<br>• Hartguss bis 400 HB **2**.5<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) **3**.3<br>• Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze kurzspanend) **3**.5<br>• Kupfer-Sonderlegierungen **3**.6-7<br>• Alu-Gusslegierungen **5**.2-4<br>• Graphit **9**.1<br>• Wolfram-Kupfer-Legierungen **9**.2 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3 |
| Beschreibung: | • VHM = bis ø12,7 mm Schneiden- und Schaftteil aus Vollhartmetall<br>• KHM = ab ø12,7 mm Schneidenteil aus Vollhartmetall, Schaftteil aus Werkzeugstahl<br>• IKZ nur für Grundloch geeignet<br>• IKZ verbessert das Ausspülen der Späne aus den Spannuten |
| Oberfläche: | • blank |



## VHM-Rekord 1A-FK

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Duroplaste (kurzspanend) **8**.1<br>• Faserverstärkte Kunststoffe **8**.3 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 6, Luft |
| Beschreibung: | • VHM = Schneiden- und Schaftteil aus Vollhartmetall<br>• mit besonderer Schneidengeometrie „FK“<br>• hohe Standzeiten beim Einsatz in stark abrasiven Werkstoffen durch den Einsatz von Hartmetall als Schneidstoff<br>• Ausblasen des fast pulverförmigen Spanmaterials mittels Pressluft wird empfohlen |
| Oberfläche: | • blank |

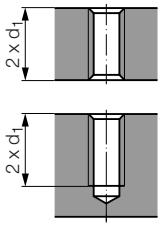
[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.

**Typ:** VHM-Rekord A



**Nut:** gerade

**Lochform:**




➤ *siehe auch:*







*www.emuge-franken.com*



# Gewindebohren

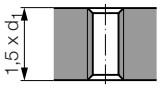


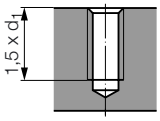
**Typ:** VHM-Rekord A



**Nut:** gerade

**Lochform:**




## VHM-Rekord 1A-HCUT-TICN

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form D/4-5 Gg. (als Fertigschneider für Durchgangslochgewinde, als Vorschneider für Grundlochgewinde)<br>DIN-Form C/2-3 Gg. (als Fertigschneider für Grundlochgewinde) |
| Werkstoffe [1]: | • gehärtete Stähle > 55 - 60 HRC **1**.7<br>• gehärtete Stähle > 60 - 63 HRC **1**.8<br>• Hartguss bis 400 HB **2**.5 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 5, 6 |
| Beschreibung: | • VHM = Schneiden- und Schaftteil aus Vollhartmetall<br>• mit besonderer Schneidengeometrie „HCUT“ |
| Oberfläche: | • TiCN |

➤ *siehe auch:*

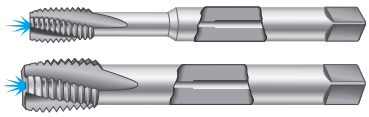






*www.emuge-franken.com*

# Gewindebohren



**VHM-Rekord 1D-VA-IKZ**
**VHM/KHM-Rekord 2D-VA-IKZ**

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Vergütungs-, Nitrier-, Warmarbeitsstähle bis 1400 N/mm², gehärtete Stähle bis 44 HRC **1**.5<br>• gehärtete Stähle > 44 - 55 HRC **1**.6<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.1-4<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) **3**.3<br>• Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze kurzspanend) **3**.5<br>• Kupfer-Sonderlegierungen **3**.6-7<br>• Alu-Gusslegierungen **5**.2-4 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „VA“<br>• speziell der erhöhte Profilfreiwinkel reduziert die Reibung und damit die Neigung zu Kaltpressschweißungen<br>• bei zähem, langspanendem Material muss der Span axial in eine Richtung geführt werden, um Spanverklemmungen zu vermeiden<br>• VHM = bis ø12,7 mm Schneiden- und Schaftteil aus Vollhartmetall<br>• KHM = ab ø12,7 mm Schneidenteil aus Vollhartmetall, Schaftteil aus Werkzeugstahl<br>• IKZ verbessert das Ausspülen der Späne aus den Spannuten<br>• Einsatz in abrasive, kurzspanende Werkstoffe |
| Oberfläche: | • blank |

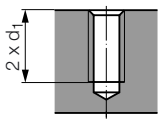
[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.

**Typ:** VHM-Rekord D



**Nut:** Rechtsspirale R15

**Lochform:**




➤ *siehe auch:*





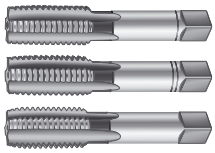


*www.emuge-franken.com*



# Gewindebohren

**Typ:** Satz-GB



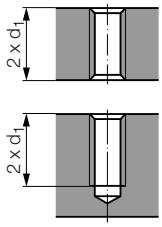


## Satz-(Hand)-Gewindebohrer

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form A/5-6 Gg. beim Vorschneider<br>DIN-Form D/3-4 Gg. beim Mittelschneider<br>DIN-Form C/2-3 Gg. beim Fertigschneider |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 5, 6 |
| Beschreibung: | • gut geeignet für das Gewindeschneiden von Hand<br>• Satz á 3 für Regelgewinde<br>• Satz á 2 für Feingewinde |
| Oberfläche: | • blank |

**Nut:** gerade

**Lochform:**




➤ *siehe auch:*

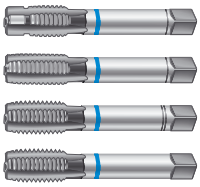


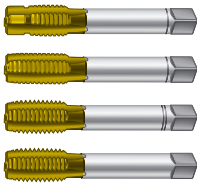




*www.emuge-franken.com*

# Gewindebohren





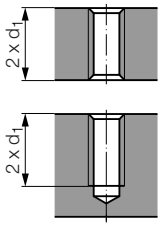
**Typ:** WM-Satz

| **Werkzeugmacher-Sätze:** **WM-Satz-VA** | **WM-Satz-TIN** |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• Vergütungs-, Nitrier-, Warmarbeitsstähle bis 1400 N/mm², gehärtete Stähle bis 44 HRC **1**.5<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1400 N/mm² **1**.12<br><br>Nur bei WM-Satz-TIN:<br>• Kupfer-Sonderlegierungen bis Q18 **3**.6<br>• Nickel-/Kobalt-Legierungen warmfest bis 850 N/mm² **4**.1 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 5, 6 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „VA“<br>• speziell der erhöhte Profilfreiwinkel reduziert die Reibung und damit die Neigung zu Kaltpressschweißungen<br>• für das Gewindeschneiden von Hand und maschinell<br>• der Vorschneider mit Führungszapfen Nr. 1„Z“ zum rechtwinkeligen Anschneiden wird beim Gewindeschneiden von Hand empfohlen, der Vorschneider Nr. 1 kann bei Durchgangslöchern entfallen<br>• beim maschinellen Gewindeschneiden wird der Einsatz des Vorschneiders Nr. 1 empfohlen, der Vorschneider Nr. 1„Z“ kann entfallen<br>• die Profilabstufung von Nr. 1„Z“ und Nr. 1 ist gleich<br>• Werkzeuge sind je nach Zugfestigkeit des zu bearbeitenden Werkstoffes und Art des Kernloches von Satz á 2 bis Satz á 4 aufeinander abgestimmt<br>• TiN-Beschichtung erzeugt bessere Gewindeoberflächen<br>• TiN-Beschichtung erlaubt größere Schnittgeschwindigkeiten<br>• TiN-Beschichtung führt zu höheren Standzeiten |
| Oberfläche: | • blank<br>• TiN |
| Kennzeichnung: | • blauer Farbring (nicht bei TiN) |



**Nut:** gerade

**Lochform:**




➤ *siehe auch:*







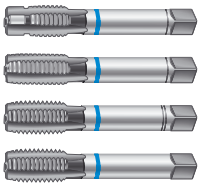
*www.emuge-franken.com*

[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.



# Gewindebohren

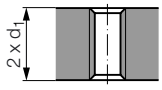
**Typ:** WM-Satz

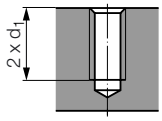




**Nut:** gerade

**Lochform:**




**Werkzeugmacher-Sätze:**
**WM-Satz-F-TIC**

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Stahl-Sonderwerkstoffe **1**.13<br>• Kupfer-Sonderlegierungen bis Q18 **3**.6<br>• Nickel-/Kobalt-Legierungen hochwarmfest **4**.2<br>• Titan und Titanlegierungen bis 1250 N/mm² **7**.1-2 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 5, 6 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „F-TIC“<br>• durch die stabile Schneidengeometrie werden im Satz akzeptable Standzeiten erreicht<br>• für das Gewindeschneiden von Hand und maschinell<br>• der Vorschneider mit Führungszapfen Nr. 1„Z“ zum rechtwinkeligen Anschneiden wird beim Gewindeschneiden von Hand empfohlen, der Vorschneider Nr. 1 kann bei Durchgangslöchern entfallen<br>• beim maschinellen Gewindeschneiden wird der Einsatz des Vorschneiders Nr. 1 empfohlen, der Vorschneider Nr. 1„Z“ kann entfallen<br>• die Profilabstufung von Nr. 1„Z“ und Nr. 1 ist gleich |
| Oberfläche: | • NT |
| Kennzeichnung: | • blauer Farbring |

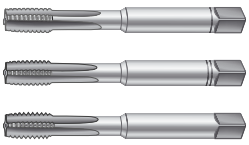
➤ *siehe auch:*







*www.emuge-franken.com*



**Typ:**
VHM/KHM-Satz-GB

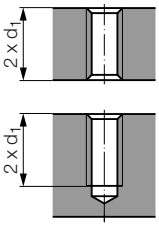
## VHM/KHM-Satz-Gewindebohrer

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/ca. 3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Vergütungs-, Nitrier-, Warmarbeitsstähle bis 1400 N/mm², gehärtete Stähle bis 44 HRC **1**.5<br>• gehärtete Stähle > 44 - 55 HRC **1**.6<br>• gehärtete Stähle > 55 - 60 HRC **1**.7<br>• Kupfer-Sonderlegierungen über Q18 **3**.7<br>• Wolfram-Kupfer-Legierungen **9**.2 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 5, 6 |
| Beschreibung: | • VHM = bis ø12,7 mm Schneiden- und Schaftteil aus Vollhartmetall<br>• KHM = ab ø12,7 mm Schneidenteil aus Vollhartmetall, Schaftteil aus Werkzeugstahl<br>• nur für den maschinellen Einsatz |
| Oberfläche: | • blank |



**Nut:** gerade

**Lochform:**




➤ *siehe auch:*







*www.emuge-franken.com*

[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.



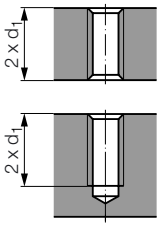
# Gewindebohren

**Typ:** AUT-A



**Nut:** gerade

**Lochform:**

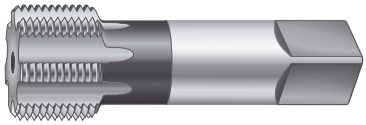



➤ *siehe auch:*




Tool Finder Web

www.emuge-franken.com



## AUT-A-MS-R

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | max. 1 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) **3**.3 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 3, 4 |
| Beschreibung: | • für dünnwandige Messingteile<br>• Anbringen einer Spannfläche auf Wunsch möglich<br>• zur Standzeitsteigerung und bei ungenügender Schmierung wird Oberflächenbehandlung Cr oder CrN empfohlen |
| Oberfläche: | • blank (Cr, CrN) |

# Gewindebohren



## Trapez-Einschnitt-Gewindebohrer
## Trapez-AM-VA

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | aufgeteilter Mantelschnitt (AM) |
| Werkstoffe [1]: | • niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.2-4<br>• Kupfer-Legierungen **3**.4-5 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 4, 5 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „VA“<br>• speziell der erhöhte Profilfreiwinkel reduziert die Reibung und damit die Neigung zu Kaltpressschweißungen<br>• NC-gerechte Ausführung, d.h., der Gewindebohrer kann durch Drehrichtungsumkehr aus der Mutter herausgedreht werden<br>• muss mit zwangsläufiger Steigung geschnitten werden<br>• für Mutternhöhen bis 1,5 x $d_1$<br>• Linksspiralnuten bewirken den Spantransport nach vorne |
| Oberfläche: | • NT |



## Trapez-Einschnitt-Gewindebohrer
## 2-Stufen-Ausführung
## Trapez-2Stuf

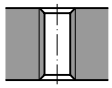
| | |
|---|---|
| Anschnitt: | Vorschneidstufe |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.1<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) **3**.2<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) **3**.3<br>• Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze kurzspanend) **3**.5 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 4, 5 |
| Beschreibung: | • gute Spanaufteilung<br>• leichtes Anschneiden<br>• für Mutternhöhen bis 2 x $d_1$ geeignet<br>• bei entsprechenden Einspannlängen auch Mutternhöhen bis max. 2,5 x $d_1$ möglich<br>• der Einsatz in Grauguss und Messing erfordert eine Spanwinkelkorrektur, bei Grauguss empfehlen wir zusätzlich die Oberflächenbehandlung NT |
| Oberfläche: | • blank (bei Grauguss NT) |

[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.

**Typ:** Trapez



**Lochform:**



➤ *siehe auch:*





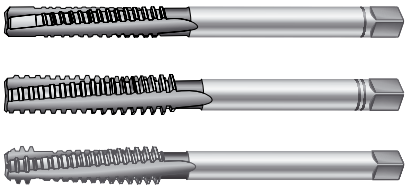


*www.emuge-franken.com*



# Gewindebohren

**Typ:** Trapez

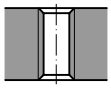




## Trapez-Satz-Gewindebohrer

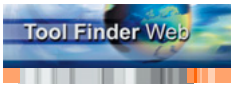
| | |
|---|---|
| Anschnitt: | langer Anschnitt mit optimaler Spanaufteilung |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.1<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) **3**.2<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) **3**.3<br>• Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze kurzspanend) **3**.5 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 4, 5 |
| Beschreibung: | • flache Linksspiralnuten bewirken mäßigen Spantransport nach vorne<br>• Vorschneider mit zylindrischem Führungszapfen zum rechtwinkeligen Anschneiden<br>• für Mutternhöhen bis 3 x $d_1$ bei Trapez-Regel- (Tr) und Trapez-Feingewindereihe (TrF) Satz à 2 verwenden<br>• für Mutternhöhen bis 4 x $d_1$ bei Tr Satz à 3 verwenden<br>• Mittel- und Fertigschneider vorne mit Führungsgewinde zum profiltreuen Schneiden<br>• der Einsatz in Grauguss und Messing erfordert eine Spanwinkelkorrektur, bei Grauguss empfehlen wir zusätzlich die Oberflächenbehandlung NT |
| Oberfläche: | • blank (bei Grauguss NT) |

**Lochform:**



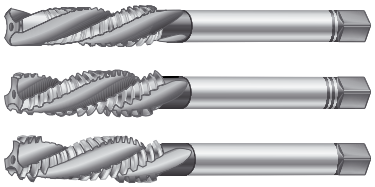
➤ *siehe auch:*




*www.emuge-franken.com*

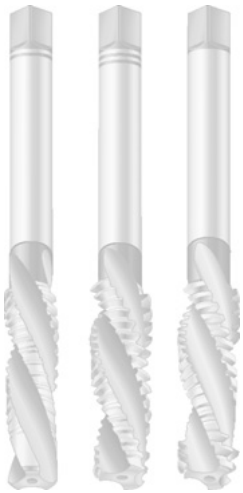
# Gewindebohren



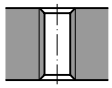
**Typ:** Trapez

## Trapez-Satz-Gewindebohrer VA-Ausführung

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | langer Anschnitt mit optimaler Spanaufteilung |
| Werkstoffe [1]: | • niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.2-4<br>• Kupfer-Legierungen **3**.4-5 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 4, 5 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „VA“<br>• speziell der erhöhte Profilfreiwinkel reduziert die Reibung und damit die Neigung zu Kaltpressschweißungen<br>• muss mit zwangsläufiger Steigung geschnitten werden<br>• Vorschneider mit zylindrischem Führungszapfen zum leichten Anschneiden<br>• Mittel- und Fertigschneider vorne mit Führungsgewinde zum profiltreuen Schneiden<br>• Satz à 2 bei Trapez-Feingewindereihe (TrF) und Satz à 3 bei Trapez-Regelgewindereihe (Tr) verwenden<br>• für Mutternhöhen bis 3 x $d_1$ Satz à 3 verwenden |
| Oberfläche: | • NT |



**Lochform:**



➤ *siehe auch:*







*www.emuge-franken.com*

[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.

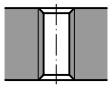


# Gewindebohren

**Typ:** Trapez



**Lochform:**



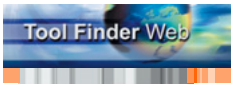


## Trapez-Rekord 2C

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form D/ 3,5-5,5 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.1<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) **3**.2<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) **3**.3<br>• Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze kurzspanend) **3**.5 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 4, 5 |
| Beschreibung: | • Linksspiralnuten und Schälanschnitt bewirken den Spantransport nach vorne<br>• Ausführung nur für Trapez-Feingewinde<br>• für Mutternhöhen bis 2 x $d_1$ geeignet<br>• bei entsprechenden Einspannlängen auch Mutternhöhen bis max. 2,5 x $d_1$ möglich<br>• der Einsatz in Grauguss, Messing und Aluminium erfordert eine Spanwinkelkorrektur, bei Grauguss empfehlen wir zusätzlich die Oberflächenbehandlung NT |
| Oberfläche: | • blank (bei Grauguss NT) |

➤ *siehe auch:*




*www.emuge-franken.com*



## Trapez-Rekord 2C-VA

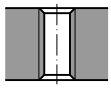
| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form D/ 3,5-5,5 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier-, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.2-4<br>• Kupfer-Legierungen **3**.4-5 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 4, 5 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „VA“<br>• speziell der erhöhte Profilfreiwinkel reduziert die Reibung und damit die Neigung zu Kaltpressschweißungen<br>• Linksspiralnuten und Schälanschnitt bewirken den Spantransport nach vorne<br>• muss mit zwangsläufiger Steigung geschnitten werden<br>• Ausführung nur für Trapez-Feingewindereihe (TrF)<br>• für Mutternhöhen bis 2 x $d_1$ geeignet<br>• bei entsprechenden Einspannlängen auch Mutternhöhen bis max. 2,5 x $d_1$ möglich |
| Oberfläche: | • NT |

[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.

**Typ:** Trapez



**Lochform:**



➤ *siehe auch:*







*www.emuge-franken.com*



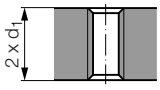
# Gewindebohren

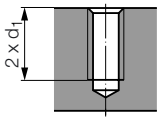
**Typ:** Rund-Rekord A



**Nut:** gerade

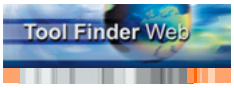
**Lochform:**




➤ *siehe auch:*




*www.emuge-franken.com*



## Rund-Rekord A

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • un- und niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.1-3<br>• Gusseisenwerkstoffe **2**.1-4<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) **3**.2<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) **3**.3 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 1, 2, 3, 4 |
| Beschreibung: | • die Nuten können nur einen Teil der Späne aufnehmen<br>• ein Spantransport in Axialrichtung erfolgt praktisch nicht<br>• spezielle Gewindelängen für Rundgewinde |
| Oberfläche: | • blank |



## Rund-Rekord A-MS

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) **3**.3 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 4 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „MS“<br>• speziell der geringe Spanwinkel ist notwendig, um lehrenhaltige Gewinde zu erzeugen<br>• spezielle Gewindelängen für Rundgewinde<br>• Oberflächenbehandlung Cr (hartverchromt) oder CrN erhöht die Standzeit |
| Oberfläche: | • blank (auf Wunsch Cr oder CrN) |

[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.

### 8.2.3 Gewindebohrer-Sonderausführungen (Beispiele)

EMUGE fertigt Spezialgewindebohrer nach Kundenzeichnungen und eigenen Konstruktionen. Aufsteck-Gewindebohrer werden nach Werksnorm gefertigt. Ein technischer Fragebogen (siehe **Kapitel 21**) hilft dabei, alle Spezifikationen festzulegen.



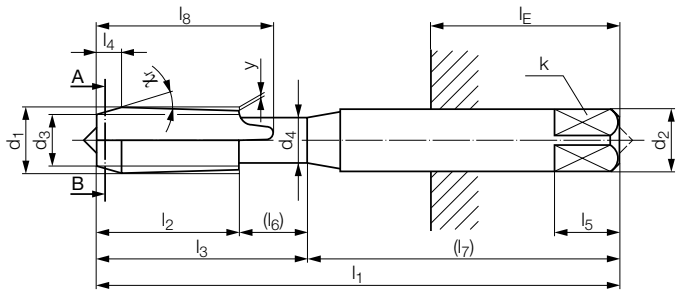


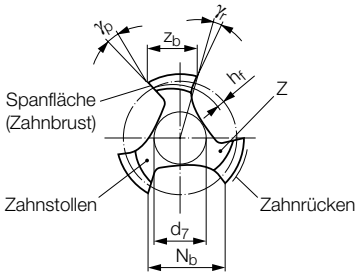


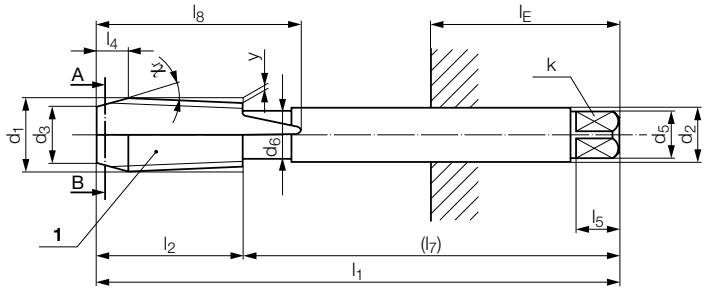
## 8.3 Nomenklatur

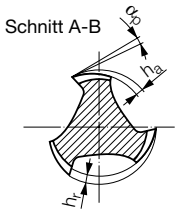
### 8.3.1 Benennungen und Definitionen am Gewindebohrer

**Gewindebohrer**

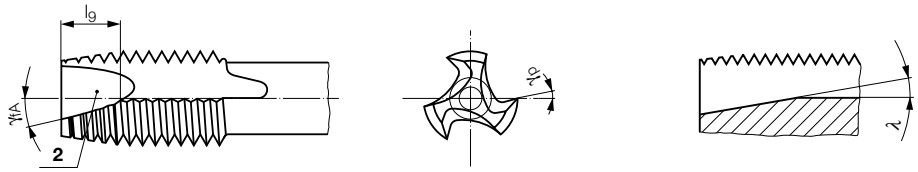


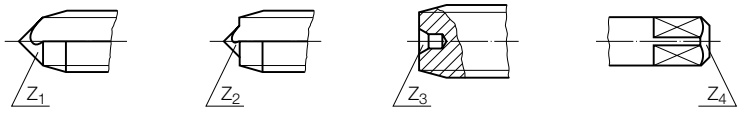



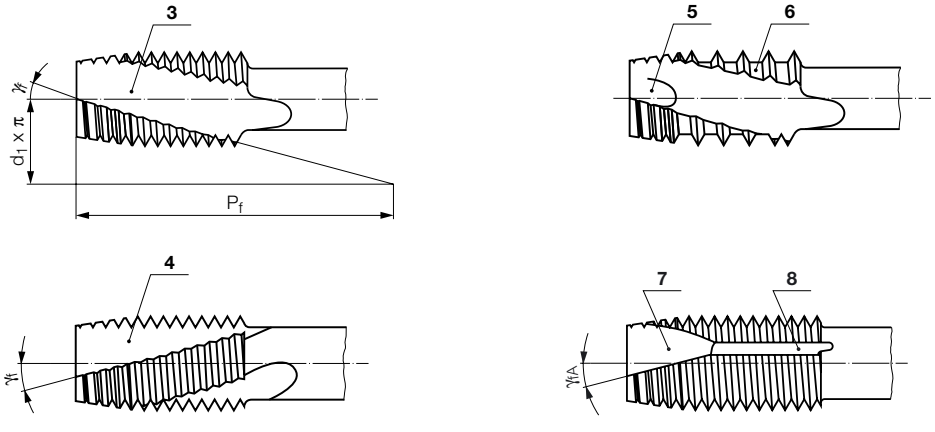

**Anschnitt**




**Zentrierungen**

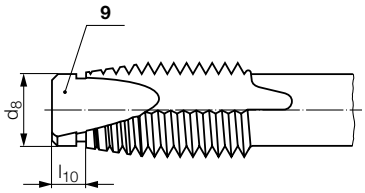


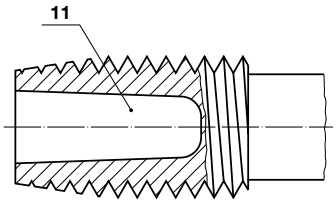

**Nutformen**

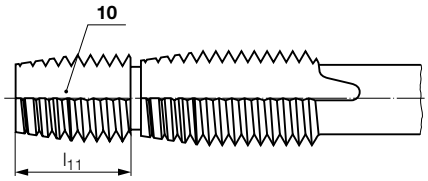




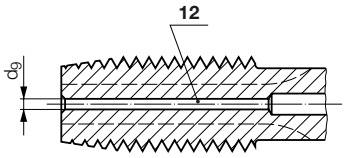
## Sonderausführungen

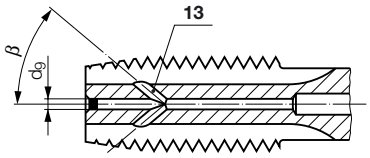



## Kühlmittelzufuhr




| | |
|---|---|
| $d_1$ | Gewindenenndurchmesser |
| $d_2$ | Schaftdurchmesser |
| $d_3$ | Anschnittdurchmesser |
| $d_4$ | Halsdurchmesser |
| $d_5$ | Vierkantfreidrehung |
| $d_6$ | Freidrehdurchmesser |
| $d_7$ | Seelendurchmesser |
| $d_8$ | Führungsdurchmesser |
| $d_9$ | Kühlschmierstoffbohrungsdurchmesser |
| $l_1$ | Gesamtlänge |
| $l_2$ | Gewindelänge |
| $l_3$ | nutzbare Länge |
| $l_4$ | Anschnittlänge |
| $l_5$ | Vierkantlänge |
| $l_6$ | Halslänge |
| $l_7$ | Schaftlänge |
| $l_8$ | Nutenlänge |
| $l_9$ | Schälanschnittlänge |
| $l_{10}$ | Führungszapfenlänge |
| $l_{11}$ | Länge der Vorschneidstufe |
| $l_E$ | Einspannlänge |
| K | Vierkantmaß |
| $h_a$ | Anschnitthinterschliff (auf Zahnbreite) |
| $h_r$ | Anschnitthinterschliff pro Teilung |
| $h_f$ | Flankenhinterschliff (auf Zahnbreite) |
| $N_b$ | Nutenbreite |
| Z | Anzahl der Zähne bzw. Nuten |
| $Z_b$ | Zahnbreite |
| $P_f$ | Drallsteigung |

| | |
|---|---|
| y | 1/2 Durchmesserverjüngung im Gewinde |
| $\alpha_p$ | Anschnittfreiwinkel |
| $\gamma_p$ | Spanwinkel (am ersten vollen Zahn) |
| $\gamma_r$ | Rückenwinkel |
| $\gamma_f$ | Drallwinkel (Seiten-Spanwinkel) |
| $\gamma_{fA}$ | Schälanschnittwinkel |
| λ | Schälanschnittneigung |
| $\chi_r$ | Einstellwinkel |
| β | Winkel der Kühlschmierstoff-Austrittsbohrung |
| $Z_1$ | Zentrierspitze |
| $Z_2$ | Zentrierspitze abgesetzt |
| $Z_3$ | Zentrierbohrung |
| $Z_4$ | Zentrierfase |
| 1 | gerade Nuten |
| 2 | Schälanschnitt |
| 3 | Spiralnuten mit Rechtsdrall |
| 4 | Spiralnuten mit Linksdrall |
| 5 | Spezialfreischliff |
| 6 | ausgesetzte Zähne (AZ) |
| 7 | Kurznut-Gewindebohrer (Typ Robust) |
| 8 | Ölnut |
| 9 | Führungszapfen |
| 10 | Vorschneidstufe |
| 11 | Spanglocke |
| 12 | innere Kühlschmierstoffzuführung, Austritt axial (IKZ, KA) |
| 13 | innere Kühlschmierstoffzuführung, Austritt radial (IKZN, KR) |



# Gewindebohren

## 8.3.2 Technische Lieferbedingungen

**Beispiele für Gewindebohrerbezeichnungen nach DIN 2197:**

**Satz- (Hand-) Gewindebohrer**

Gewindebohrer DIN 352 – 3S – M16 – ISO2 – 6H – HSS

- Satzgewindebohrer
- Dreiteiliger Satz (V + M + F)
- Metrisches ISO-Regelgewinde
- Anwendungsklasse des Gewindeteils nach DIN EN 22857 für den Fertigschneider
- Toleranzklasse des zu schneidenden Innengewindes *)
- Legierungsgruppe des Schnellarbeitsstahls

**Maschinengewindebohrer mit geraden Nuten**

Gewindebohrer DIN 371 – B – M8 – ISO2 – 6H – HSS

- Maschinengewindebohrer mit verstärktem Schaft
- Anschnitt-Form B
- Metrisches ISO-Regelgewinde
- Anwendungsklasse des Gewindeteils nach DIN EN 22857
- Toleranzklasse des zu schneidenden Innengewindes *)
- Legierungsgruppe des Schnellarbeitsstahls

**Maschinengewindebohrer mit gedrallten Nuten für Rechtsgewinde**

Gewindebohrer DIN 376 – C – M12 – ISO3 – 6G – R35 – HSSE

- Maschinengewindebohrer (Überlaufbohrer)
- Anschnitt-Form C
- Metrisches ISO-Regelgewinde
- Anwendungsklasse des Gewindeteils nach DIN EN 22857
- Toleranzklasse des zu schneidenden Innengewindes *)
- Rechtsdrall, Seitenspanwinkel $\gamma_f = 35°$
- Legierungsgruppe des Schnellarbeitsstahls



**Maschinengewindebohrer mit gedrallten Nuten für Linksgewinde**

Gewindebohrer DIN 376 – C – M12 – ISO3 – 6G – LH – L35 – HSSE

- Maschinengewindebohrer (Überlaufbohrer)
- Anschnitt-Form C
- Metrisches ISO-Regelgewinde
- Anwendungsklasse des Gewindeteils nach DIN EN 22857
- Toleranzklasse des zu schneidenden Innengewindes *)
- Linksgewinde
- Linksdrall, Seitenspanwinkel $\gamma_f = 35°$
- Legierungsgruppe des Schnellarbeitsstahls

***) Hinweis zur Toleranzdoppelbeschriftung, z.B. ISO2/6H:**

Die ISO-Gewindebohrer-Toleranzklassen (ISO1, ISO2 und ISO3) sind nach DIN EN 22857 anzugeben, um den Bezug zu dieser Norm herzustellen. Die Toleranzklassen des zu schneidenden Innengewindes entsprechen den DIN-Gewindebohrer-Toleranzklassen der zurückgezogenen Norm DIN 802-1. Ist keine ISO-Gewindebohrer-Toleranzklasse zutreffend, wird nur die DIN-Gewindebohrer-Toleranzklasse angegeben, z.B. 7G.

**Maschinengewindebohrer mit innerer Kühlschmierstoffzuführung und geänderter Toleranz, so genannter X-Toleranzklasse**

Gewindebohrer DIN 374 – C – M10 x 1 – 6HX – LH – L15 – KA – HSSE

- Maschinengewindebohrer (Überlaufbohrer)
- Anschnitt-Form C
- Metrisches ISO-Feingewinde
- Kurzzeichen für ein Gewindeteil mit gegenüber Toleranzklasse 6H geänderten Toleranzen (Toleranzen nach Wahl des Herstellers oder nach Vereinbarung)
- Linksgewinde
- Linksdrall, Seitenspanwinkel $\gamma_f = 15°$
- Kühlschmierstoffzuführung, axial
- Legierungsgruppe des Schnellarbeitsstahls



# Gewindebohren

**Vergleich handelsüblicher Gewindebohrerbezeichnungen nach EMUGE und DIN für Maschinengewindebohrer (Beispiele):**

| EMUGE **) | | DIN | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| verstärkter Schaft | Überlaufbohrer | verstärkter Schaft | Überlaufbohrer | Anschnittform | Drall-Kurzzeichen | Kühlschmierstoffzuführung |
| Rekord 1A | Rekord 2A | DIN 371 | DIN 376, 374 | C | – | – |
| Rekord 1A-Form A | Rekord 2A-Form A | DIN 371 | DIN 376, 374 | A | – | – |
| Rekord 1B | Rekord 2B | DIN 371 | DIN 376, 374 | B | – | – |
| Rekord 1C | Rekord 2C | DIN 371 | DIN 376, 374 | D | L15 | – |
| Rekord 1D | Rekord 2D | DIN 371 | DIN 376, 374 | C | R15 | – |
| 1 Enorm | 2 Enorm | DIN 371 | DIN 376, 374 | C | R35 | – |
| 1 Enorm-Form E | 1 Enorm-Form E | DIN 371 | DIN 376, 374 | E | R35 | – |
| 1 Enorm-Z | 2 Enorm-Z | DIN 371 | DIN 376, 374 | C | R45 | – |
| 1 Enorm-Z-IKZ | 2 Enorm-Z-IKZ | DIN 371 | DIN 376, 374 | C | R45 | KA |
| Robust 1ES-Z-IKZN | Robust 2ES-Z-IKZN | DIN 371 | DIN 376, 374 | B | – | KR |

**) Durch bezeichnungsergänzende Kurzzeichen wird auf Sondervarianten, Oberflächenbehandlungen oder den zu bearbeitenden Werkstoff hingewiesen, z.B. Rekord 2B-AZ, 2 Enorm-X, 1 Enorm-TIN, oder Rekord 1A-GG.

## Kennzeichnung (Beschriftung) nach DIN

Gewindebohrer werden beschriftet mit dem Kurzzeichen und dem Toleranzfeld des Gewindes bzw. der Toleranzklasse des Gewindebohrers, der Legierungsgruppe des Schneidteilwerkstoffs (HSS oder HSSE), bei gedrallten Gewindebohrern mit dem Drallwinkel und der Drallsteigung und dem Herstellerzeichen. Bei Schaftdurchmesser < 6 mm ist eine gekürzte Beschriftung zulässig. Bei Satzgewindebohrern wird der Vorschneider mit einem Ring und der Mittelschneider mit zwei Ringen am Schaft gekennzeichnet. EMUGE-Gewindebohrer sind zusätzlich mit der Typenbezeichnung und, wenn erforderlich, mit dem Kurzzeichen des zu bearbeitenden Werkstoffes beschriftet. Die DIN-Nummer der jeweiligen Maßnorm, z.B. DIN 371, wird nicht beschriftet, ggf. ist diese auf der Verpackung anzubringen.



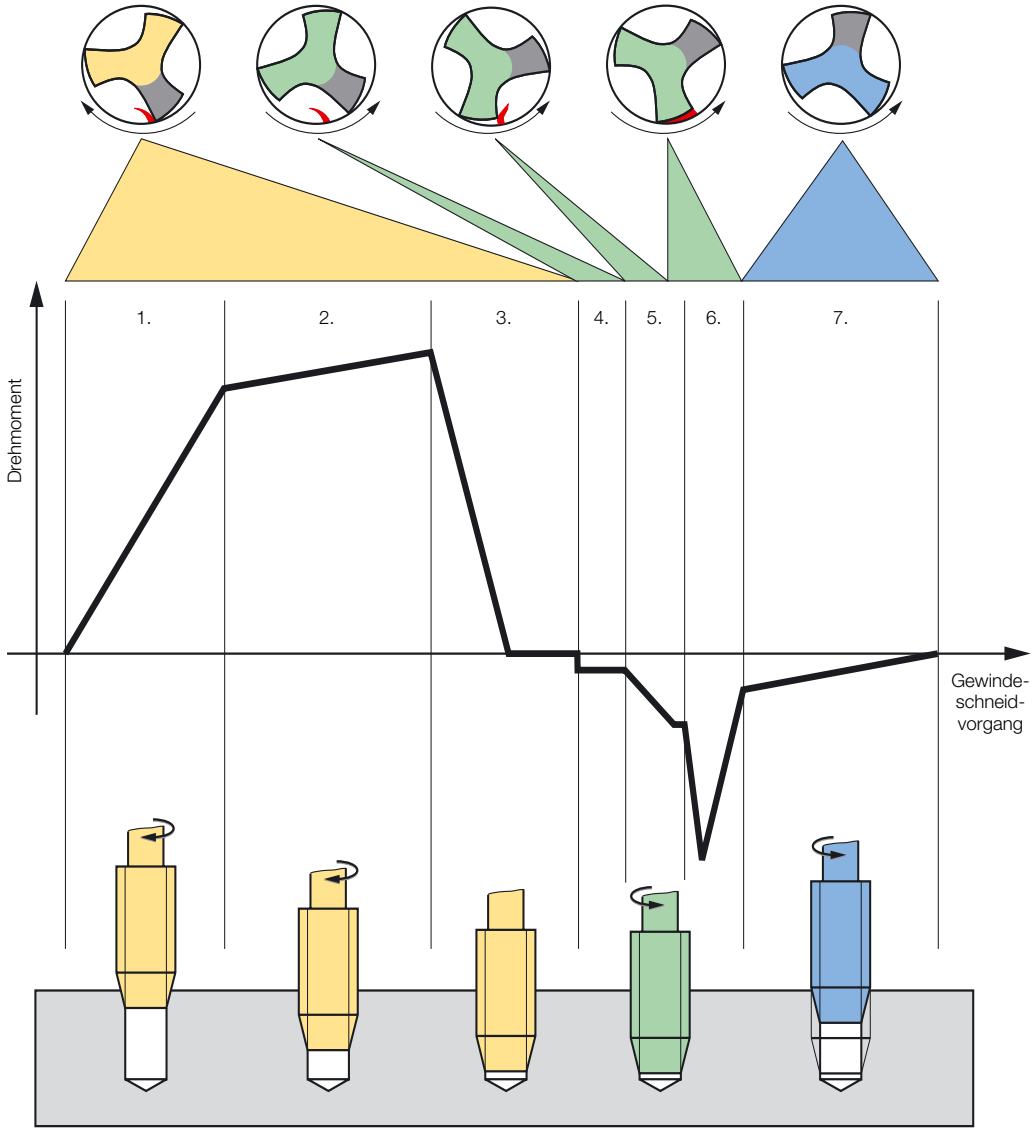

**Kennzeichnung des Vorschneiders**




**Kennzeichnung des Mittelschneiders**

## 8.4 Verfahrensspezifische Hinweise

### 8.4.1 Der Gewindeschneidvorgang




**Schematischer Drehmomentverlauf eines Gewindeschneidvorganges in ein Grundloch**

Der Schneidvorgang gliedert sich in die Bereiche:

1. Anschneiden des Gewindebohrers bis zum Eingriff aller Anschnittzähne.
2. Schnittmoment des jetzt mit allen Anschnittzähnen schneidenden Gewindebohrers.
3. Abbremsen der Maschinenspindel bis zum Stillstand.
4. Beginnender Rücklauf der Spindel bis zum Kontakt des Zahnstegrückens mit dem in der Bohrung stehenden Span der Folgeschneide.
5. Abscheren des Spans.
6. Zurückquetschen der nach Spanabscherung stehengebliebenen Spanwurzel (Größe abhängig vom Freiwinkel des Gewindebohrers sowie des Rückschnittwinkels).
7. Gleitreibung zwischen Gewindebohrer und Werkstück.

➤ *siehe auch:*

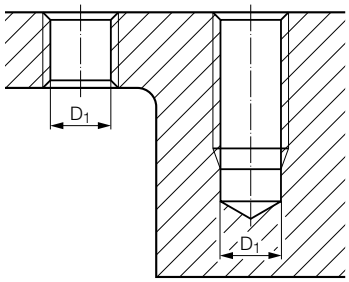




# Gewindebohren

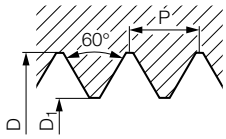
## 8.4.2 Gewinde-Vorbohrdurchmesser

Die auf den folgenden Seiten aufgeführten Vorbohrdurchmesser-Richtwerte gelten für normale Anwendungen und sind mit DIN 336 abgestimmt. Der Vorbohrdurchmesser ist abhängig vom Verhalten des Materials und den schneidtechnischen Betriebsverhältnissen. Andere Vorbohrdurchmesser können daher wirtschaftlicher sein. Der optimale Vorbohrdurchmesser, besonders in der Serienfertigung, ist daher jeweils individuell zu ermitteln. Je größer der Kernlochdurchmesser innerhalb der zulässigen Toleranz des Gewindekerndurchmessers gebohrt werden kann, desto wirtschaftlicher wird das Gewinde geschnitten. Für spanlose Gewindeherstellung (Gewindefurchen) sind diese Vorbohrdurchmesser nicht geeignet (siehe **Kapitel 9.4.4**).




M

**Metrisches ISO-Regelgewinde 6H nach DIN 13 und DIN ISO 965-1 (M1-M1,4 = 5H)**



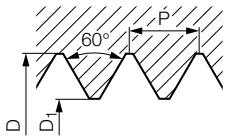

| Gewinde-Nenn-ø D | P | ø $D_1$ min. | ø $D_1$ max. | Bohrer-/Senker-ø |
|---|---|---|---|---|
| M 1 | 0,25 | 0,729 | 0,785 | 0,75 |
| M 1,1 | 0,25 | 0,829 | 0,885 | 0,85 |
| M 1,2 | 0,25 | 0,929 | 0,985 | 0,95 |
| M 1,4 | 0,3 | 1,075 | 1,142 | 1,1 |
| M 1,6 | 0,35 | 1,221 | 1,321 | 1,25 |
| M 1,8 | 0,35 | 1,421 | 1,521 | 1,45 |
| M 2 | 0,4 | 1,567 | 1,679 | 1,6 |
| M 2,2 | 0,45 | 1,713 | 1,838 | 1,75 |
| M 2,5 | 0,45 | 2,013 | 2,138 | 2,05 |
| M 3 | 0,5 | 2,459 | 2,599 | 2,5 |
| M 3,5 | 0,6 | 2,850 | 3,010 | 2,9 |
| M 4 | 0,7 | 3,242 | 3,422 | 3,3 |
| M 4,5 | 0,75 | 3,688 | 3,878 | 3,7 |
| M 5 | 0,8 | 4,134 | 4,334 | 4,2 |
| M 6 | 1 | 4,917 | 5,153 | 5 |
| M 7 | 1 | 5,917 | 6,153 | 6 |
| M 8 | 1,25 | 6,647 | 6,912 | 6,8 |
| M 9 | 1,25 | 7,647 | 7,912 | 7,8 |
| M 10 | 1,5 | 8,376 | 8,676 | 8,5 |
| M 11 | 1,5 | 9,376 | 9,676 | 9,5 |

| Gewinde-Nenn-ø D | P | ø $D_1$ min. | ø $D_1$ max. | Bohrer-/Senker-ø |
|---|---|---|---|---|
| M 12 | 1,75 | 10,106 | 10,441 | 10,2 |
| M 14 | 2 | 11,835 | 12,210 | 12 |
| M 16 | 2 | 13,835 | 14,210 | 14 |
| M 18 | 2,5 | 15,294 | 15,744 | 15,5 |
| M 20 | 2,5 | 17,294 | 17,744 | 17,5 |
| M 22 | 2,5 | 19,294 | 19,744 | 19,5 |
| M 24 | 3 | 20,752 | 21,252 | 21 |
| M 27 | 3 | 23,752 | 24,252 | 24 |
| M 30 | 3,5 | 26,211 | 26,771 | 26,5 |
| M 33 | 3,5 | 29,211 | 29,771 | 29,5 |
| M 36 | 4 | 31,670 | 32,270 | 32 |
| M 39 | 4 | 34,670 | 35,270 | 35 |
| M 42 | 4,5 | 37,129 | 37,799 | 37,5 |
| M 45 | 4,5 | 40,129 | 40,799 | 40,5 |
| M 48 | 5 | 42,587 | 43,297 | 43 |
| M 52 | 5 | 46,587 | 47,297 | 47 |
| M 56 | 5,5 | 50,046 | 50,796 | 50,5 |
| M 60 | 5,5 | 54,046 | 54,796 | 54,5 |
| M 64 | 6 | 57,505 | 58,305 | 58 |
| M 68 | 6 | 61,505 | 62,305 | 62 |

Maße in mm; P=Steigung

## Gewinde-Vorbohrdurchmesser

**Metrisches ISO-Feingewinde 6H nach DIN 13 und DIN ISO 965-1**




| Gewinde-Nenn-ø D x P | ø $D_1$ min. | ø $D_1$ max. | Bohrer-/Senker-ø |
|---|---|---|---|
| M 2 x 0,25 | 1,729 | 1,774 | 1,75 |
| M 2,2 x 0,25 | 1,929 | 1,974 | 1,95 |
| M 2,5 x 0,35 | 2,121 | 2,221 | 2,15 |
| M 3 x 0,35 | 2,621 | 2,721 | 2,65 |
| M 3,5 x 0,35 | 3,121 | 3,221 | 3,15 |
| M 4 x 0,35 | 3,621 | 3,721 | 3,65 |
| M 4 x 0,5 | 3,459 | 3,599 | 3,5 |
| M 4,5 x 0,5 | 3,959 | 4,099 | 4 |
| M 5 x 0,5 | 4,459 | 4,599 | 4,5 |
| M 6 x 0,5 | 5,459 | 5,599 | 5,5 |
| M 6 x 0,75 | 5,188 | 5,378 | 5,2 |
| M 8 x 0,75 | 7,188 | 7,378 | 7,2 |
| M 8 x 1 | 6,917 | 7,153 | 7 |
| M 10 x 0,75 | 9,188 | 9,378 | 9,2 |
| M 10 x 1 | 8,917 | 9,153 | 9 |
| M 10 x 1,25 | 8,647 | 8,912 | 8,8 |
| M 12 x 1 | 10,917 | 11,153 | 11 |
| M 12 x 1,5 | 10,376 | 10,676 | 10,5 |
| M 14 x 1,25 | 12,647 | 12,912 | 12,8 |
| M 16 x 1 | 14,917 | 15,153 | 15 |
| M 16 x 1,5 | 14,376 | 14,676 | 14,5 |

| Gewinde-Nenn-ø D x P | ø $D_1$ min. | ø $D_1$ max. | Bohrer-/Senker-ø |
|---|---|---|---|
| M 20 x 1 | 18,917 | 19,153 | 19 |
| M 20 x 1,5 | 18,376 | 18,676 | 18,5 |
| M 20 x 2 | 17,835 | 18,210 | 18 |
| M 24 x 1,5 | 22,376 | 22,676 | 22,5 |
| M 30 x 2 | 27,835 | 28,210 | 28 |
| M 36 x 1,5 | 34,376 | 34,676 | 34,5 |
| M 36 x 3 | 32,752 | 33,252 | 33 |
| M 42 x 2 | 39,835 | 40,210 | 40 |
| M 48 x 1,5 | 46,376 | 46,676 | 46,5 |
| M 48 x 3 | 44,752 | 45,252 | 45 |
| M 48 x 4 | 43,670 | 44,270 | 44 |
| M 56 x 1,5 | 54,376 | 54,676 | 54,5 |
| M 56 x 2 | 53,835 | 54,210 | 54 |
| M 56 x 3 | 52,752 | 53,252 | 53 |
| M 56 x 4 | 51,670 | 52,270 | 52 |
| M 64 x 3 | 60,752 | 61,252 | 61 |
| M 64 x 4 | 59,670 | 60,270 | 60 |
| M 72 x 4 | 67,670 | 68,270 | 68 |
| M 80 x 6 | 73,505 | 74,305 | 74 |
| M 95 x 6 | 88,505 | 89,305 | 89 |
| M 110 x 6 | 103,505 | 104,305 | 104 |

Maße in mm; P=Steigung

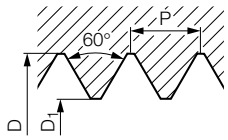


# Gewindebohren

## Gewinde-Vorbohrdurchmesser

UNC

### Amerikanisches Unified-Grobgewinde UNC nach ASME B1.1 bzw. ISO 5864




| Gewinde-Nenn-ø D | P Gg./1" | ø $D_1$ [1] min. 2B/3B [2] | ø $D_1$ [1] max. 2B [2] | ø $D_1$ [1] max. 3B | Bohrer-/Senker-ø |
|---|---|---|---|---|---|
| Nr. 1 | 64 | 1,425 | 1,582 | 1,582 | 1,55 |
| Nr. 2 | 56 | 1,694 | 1,872 | 1,872 | 1,85 |
| Nr. 3 | 48 | 1,941 | 2,146 | 2,146 | 2,10 |
| Nr. 4 | 40 | 2,156 | 2,385 | 2,385 | 2,35 |
| Nr. 5 | 40 | 2,487 | 2,697 | 2,697 | 2,65 |
| Nr. 6 | 32 | 2,642 | 2,896 | 2,896 | 2,85 |
| Nr. 8 | 32 | 3,302 | 3,531 | 3,528 | 3,5 |
| Nr. 10 | 24 | 3,683 | 3,962 | 3,950 | 3,9 |
| Nr. 12 | 24 | 4,343 | 4,597 | 4,590 | 4,5 |
| 1/4 | 20 | 4,976 | 5,268 | 5,250 | 5,1 |
| 5/16 | 18 | 6,411 | 6,734 | 6,680 | 6,6 |
| 3/8 | 16 | 7,805 | 8,164 | 8,082 | 8,0 |
| 7/16 | 14 | 9,149 | 9,550 | 9,441 | 9,4 |
| 1/2 | 13 | 10,584 | 11,013 | 10,881 | 10,8 |
| 9/16 | 12 | 11,996 | 12,456 | 12,301 | 12,2 |
| 5/8 | 11 | 13,376 | 13,868 | 13,693 | 13,5 |
| 3/4 | 10 | 16,299 | 16,833 | 16,624 | 16,5 |
| 7/8 | 9 | 19,169 | 19,748 | 19,520 | 19,5 |
| 1" | 8 | 21,963 | 22,598 | 22,344 | 22,25 |
| 1 1/8 | 7 | 24,648 | 25,349 | 25,082 | 25,0 |
| 1 1/4 | 7 | 27,823 | 28,524 | 28,258 | 28,0 |
| 1 3/8 | 6 | 30,343 | 31,120 | 30,851 | 30,75 |
| 1 1/2 | 6 | 33,518 | 34,295 | 34,026 | 34,0 |
| 1 3/4 | 5 | 38,951 | 39,814 | 39,560 | 39,5 |
| 2" | 4 1/2 | 44,689 | 45,598 | 45,367 | 45,0 |
| 2 1/4 | 4 1/2 | 51,039 | 51,948 | 51,716 | 51,5 |
| 2 1/2 | 4 | 56,627 | 57,580 | 57,389 | 57,2 |
| 2 3/4 | 4 | 62,977 | 63,930 | 63,739 | 63,5 |
| 3" | 4 | 69,327 | 70,280 | 70,089 | 69,9 |
| 3 1/4 | 4 | 75,677 | 76,630 | 76,439 | 76,2 |
| 3 1/2 | 4 | 82,027 | 82,980 | 82,789 | 82,6 |
| 3 3/4 | 4 | 88,377 | 89,330 | 89,139 | 88,9 |
| 4" | 4 | 94,727 | 95,680 | 95,489 | 95,3 |

[1] Die Innengewinde-Kerndurchmesser-Grenzmaße sind nach ISO 5864 berechnet. Zur ASME B1.1 können Maßdifferenzen bestehen.
[2] Gilt auch ab Nenndurchmesser 1/4 für Toleranzklasse 1B.

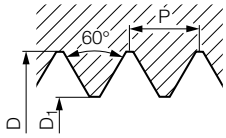
Maße in mm



## Gewinde-Vorbohrdurchmesser

UNF

### Amerikanisches Unified-Feingewinde UNF nach ASME B1.1 bzw. ISO 5864




| Gewinde-Nenn-ø D | P Gg./1" | ø $D_1$ [1] min. 2B/3B [2] | ø $D_1$ [1] max. 2B [2] | ø $D_1$ [1] max. 3B | Bohrer-/Senker-ø |
|---|---|---|---|---|---|
| Nr. 0 | 80 | 1,181 | 1,306 | 1,306 | 1,25 |
| Nr. 1 | 72 | 1,473 | 1,613 | 1,613 | 1,55 |
| Nr. 2 | 64 | 1,755 | 1,913 | 1,913 | 1,85 |
| Nr. 3 | 56 | 2,024 | 2,197 | 2,197 | 2,15 |
| Nr. 4 | 48 | 2,271 | 2,459 | 2,459 | 2,4 |
| Nr. 5 | 44 | 2,550 | 2,741 | 2,741 | 2,7 |
| Nr. 6 | 40 | 2,819 | 3,023 | 3,012 | 2,95 |
| Nr. 8 | 36 | 3,404 | 3,607 | 3,597 | 3,5 |
| Nr. 10 | 32 | 3,962 | 4,166 | 4,168 | 4,1 |
| Nr. 12 | 28 | 4,496 | 4,724 | 4,717 | 4,6 |
| 1/4 | 28 | 5,367 | 5,580 | 5,563 | 5,5 |
| 5/16 | 24 | 6,792 | 7,038 | 6,995 | 6,9 |
| 3/8 | 24 | 8,379 | 8,626 | 8,565 | 8,5 |
| 7/16 | 20 | 9,738 | 10,030 | 9,947 | 9,9 |
| 1/2 | 20 | 11,326 | 11,618 | 11,524 | 11,5 |
| 9/16 | 18 | 12,761 | 13,084 | 12,969 | 12,9 |
| 5/8 | 18 | 14,348 | 14,671 | 14,554 | 14,5 |
| 3/4 | 16 | 17,330 | 17,689 | 17,546 | 17,5 |
| 7/8 | 14 | 20,262 | 20,663 | 20,493 | 20,4 |
| 1" | 12 | 23,109 | 23,569 | 23,363 | 23,25 |
| 1 1/8 | 12 | 26,284 | 26,744 | 26,538 | 26,5 |
| 1 1/4 | 12 | 29,459 | 29,919 | 29,713 | 29,5 |
| 1 3/8 | 12 | 32,634 | 33,094 | 32,888 | 32,75 |
| 1 1/2 | 12 | 35,809 | 36,269 | 36,063 | 36,0 |

[1] Die Innengewinde-Kerndurchmesser-Grenzmaße sind nach ISO 5864 berechnet. Zur ASME B1.1 können Maßdifferenzen bestehen.

[2] Gilt auch ab Nenndurchmesser 1/4 für Toleranzklasse 1B.

Maße in mm

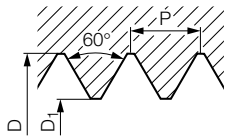


# Gewindebohren

## Gewinde-Vorbohrdurchmesser

## UNEF

### Amerikanisches Unified-Extra-Feingewinde UNEF nach ASME B1.1 bzw. ISO 5864




| Gewinde-Nenn-ø D | P Gg./1" | ø $D_1$ 1) min. 2B/3B | ø $D_1$ 1) max. 2B | ø $D_1$ 1) max. 3B | Bohrer-/Senker-ø |
|---|---|---|---|---|---|
| Nr. 12 | 32 | 4,628 | 4,813 | 4,813 | 4,75 |
| 1/4 | 32 | 5,491 | 5,680 | 5,662 | 5,55 |
| 5/16 | 32 | 7,079 | 7,267 | 7,230 | 7,15 |
| 3/8 | 32 | 8,666 | 8,855 | 8,812 | 8,7 |
| 7/16 | 28 | 10,130 | 10,343 | 10,290 | 10,2 |
| 1/2 | 28 | 11,717 | 11,931 | 11,877 | 11,8 |
| 9/16 | 24 | 13,142 | 13,389 | 13,319 | 13,2 |
| 5/8 | 24 | 14,729 | 14,976 | 14,907 | 14,8 |
| 11/16 | 24 | 16,317 | 16,564 | 16,494 | 16,4 |
| 3/4 | 20 | 17,676 | 17,968 | 17,873 | 17,8 |
| 13/16 | 20 | 19,263 | 19,555 | 19,460 | 19,4 |
| 7/8 | 20 | 20,851 | 21,143 | 21,048 | 20,95 |
| 15/16 | 20 | 22,438 | 22,730 | 22,635 | 22,5 |
| 1" | 20 | 24,026 | 24,318 | 24,223 | 24,15 |
| 1 1/16 | 18 | 25,461 | 25,782 | 25,668 | 25,6 |
| 1 1/8 | 18 | 27,048 | 27,370 | 27,255 | 27,2 |
| 1 3/16 | 18 | 28,636 | 28,957 | 28,843 | 28,75 |
| 1 1/4 | 18 | 30,223 | 30,545 | 30,430 | 30,35 |
| 1 5/16 | 18 | 31,811 | 32,132 | 32,018 | 31,95 |
| 1 3/8 | 18 | 33,398 | 33,720 | 33,605 | 33,5 |
| 1 7/16 | 18 | 34,986 | 35,307 | 35,193 | 35,1 |
| 1 1/2 | 18 | 36,573 | 36,895 | 36,780 | 36,7 |
| 1 9/16 | 18 | 38,161 | 38,482 | 38,368 | 38,3 |
| 1 5/8 | 18 | 39,748 | 40,070 | 39,955 | 39,9 |
| 1 11/16 | 18 | 41,336 | 41,657 | 41,543 | 41,5 |

1) Die Innengewinde-Kerndurchmesser-Grenzmaße sind nach ISO 5864 berechnet. Zur ASME B1.1 können Maßdifferenzen bestehen.

Maße in mm

## UN-8

### UN, 8 Gang-Reihe

| Gewinde-Nenn-ø D | P Gg./1" | ø $D_1$ 1) min. 2B/3B | ø $D_1$ 1) max. 2B | ø $D_1$ 1) max. 3B | Bohrer-/Senker-ø |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 1/8 | 8 | 25,138 | 25,773 | 25,519 | 25,4 |
| 1 1/4 | 8 | 28,313 | 28,948 | 28,694 | 28,6 |
| 1 3/8 | 8 | 31,488 | 32,123 | 31,869 | 31,8 |
| 1 1/2 | 8 | 34,663 | 35,298 | 35,044 | 35 |
| 1 5/8 | 8 | 37,838 | 38,473 | 38,219 | 38,1 |
| 1 3/4 | 8 | 41,013 | 41,648 | 41,394 | 41,3 |
| 1 7/8 | 8 | 44,188 | 44,823 | 44,569 | 44,5 |
| 2" | 8 | 47,363 | 47,998 | 47,744 | 47,7 |
| 2 1/4 | 8 | 53,713 | 54,348 | 54,094 | 54 |
| 2 1/2 | 8 | 60,063 | 60,698 | 60,444 | 60,3 |

1) Die Innengewinde-Kerndurchmesser-Grenzmaße sind nach ISO 5864 berechnet. Zur ASME B1.1 können Maßdifferenzen bestehen.

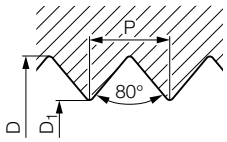
Maße in mm





## Gewinde-Vorbohrdurchmesser

### Stahlpanzerrohr-Gewinde Pg nach DIN 40430 [1)]

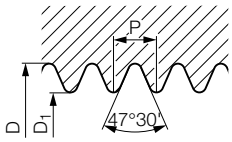



| Gewinde-Nenngr. D | P Gg./1" | ø $D_1$ min. | ø $D_1$ max. | Bohrer-/Senker-ø |
|---|---|---|---|---|
| Pg 7 | 20 | 11,28 | 11,43 | 11,35 (11,4) |
| Pg 9 | 18 | 13,86 | 14,01 | 13,95 (13,9) |
| Pg 11 | 18 | 17,26 | 17,41 | 17,35 (17,3) |
| Pg 13,5 | 18 | 19,06 | 19,21 | 19,15 (19,1) |
| Pg 16 | 18 | 21,16 | 21,31 | 21,25 |
| Pg 21 | 16 | 26,78 | 27,03 | 26,95 (27) |
| Pg 29 | 16 | 35,48 | 35,73 | 35,6 |
| Pg 36 | 16 | 45,48 | 45,73 | 45,6 |
| Pg 42 | 16 | 52,48 | 52,73 | 52,6 |
| Pg 48 | 16 | 57,78 | 58,03 | 57,9 (58) |

Maße in mm

[1)] Das Stahlpanzerrohr-Gewinde nach DIN 40430 wird durch ein Metrisches-Feingewinde nach DIN EN 60423 ersetzt (siehe **Kapitel 15.8**). Das Pg-Gewinde wird nur noch für Reparaturbedarf angewendet. Ein Beschluss der VDE (DKE)-Kommission.

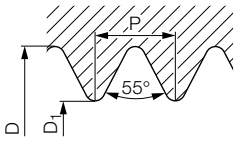
### Britisches Association-Gewinde BA nach BS 93




| Gewinde-Nenngr. D | P | ø $D_1$ min. | ø $D_1$ max. | Bohrer-/Senker-ø |
|---|---|---|---|---|
| Nr. 0 | 1,00 | 4,80 | 5,175 | 5,1 |
| Nr. 1 | 0,90 | 4,22 | 4,560 | 4,5 |
| Nr. 2 | 0,81 | 3,73 | 4,035 | 4 |
| Nr. 3 | 0,73 | 3,22 | 3,495 | 3,4 |
| Nr. 4 | 0,66 | 2,81 | 3,060 | 3 |
| Nr. 5 | 0,59 | 2,49 | 2,710 | 2,6 |
| Nr. 6 | 0,53 | 2,16 | 2,360 | 2,3 |
| Nr. 7 | 0,48 | 1,92 | 2,100 | 2 |
| Nr. 8 | 0,43 | 1,68 | 1,840 | 1,8 |
| Nr. 9 | 0,39 | 1,43 | 1,575 | 1,5 |
| Nr. 10 | 0,35 | 1,28 | 1,410 | 1,35 |
| Nr. 11 | 0,31 | 1,13 | 1,245 | 1,2 |
| Nr. 12 | 0,28 | 0,96 | 1,065 | 1 |
| Nr. 13 | 0,25 | 0,90 | 0,995 | 0,95 |
| Nr. 14 | 0,23 | 0,72 | 0,805 | 0,75 |
| Nr. 15 | 0,21 | 0,65 | 0,730 | 0,7 |
| Nr. 16 | 0,19 | 0,56 | 0,630 | 0,6 |

Maße in mm

### Whitworth-Gewinde BSW nach BS 84




| Gewinde-Nenn-ø D | P Gg./1" | ø $D_1$ min. | ø $D_1$ max. | Bohrer-/Senker-ø |
|---|---|---|---|---|
| (1/16) | 60 | 1,045 | 1,230 | 1,15 |
| (3/32) | 48 | 1,704 | 1,912 | 1,85 |
| 1/8 | 40 | 2,362 | 2,591 | 2,55 |
| (5/32) | 32 | 2,952 | 3,214 | 3,2 |
| 3/16 | 24 | 3,407 | 3,745 | 3,7 |
| (7/32) | 24 | 4,201 | 4,539 | 4,5 |
| 1/4 | 20 | 4,724 | 5,156 | 5,1 |
| 5/16 | 18 | 6,130 | 6,590 | 6,5 |
| 3/8 | 16 | 7,492 | 7,987 | 7,9 |
| 7/16 | 14 | 8,789 | 9,330 | 9,25 |
| 1/2 | 12 | 9,989 | 10,591 | 10,5 |
| 9/16 | 12 | 11,577 | 12,179 | 12 |
| 5/8 | 11 | 12,918 | 13,558 | 13,5 |
| 3/4 | 10 | 15,797 | 16,483 | 16,4 |
| 7/8 | 9 | 18,611 | 19,353 | 19,25 |
| 1" | 8 | 21,334 | 22,147 | 22 |
| 1 1/8 | 7 | 23,928 | 24,832 | 24,75 |
| 1 1/4 | 7 | 27,103 | 28,007 | 27,75 |
| (1 3/8) | 6 | 29,504 | 30,528 | 30,5 |
| 1 1/2 | 6 | 32,679 | 33,703 | 33,5 |
| 1 5/8 | 5 | 34,769 | 35,963 | 35,5 |
| 1 3/4 | 5 | 37,944 | 39,138 | 39 |
| (1 7/8) | 4 1/2 | 40,396 | 41,702 | 41,5 |
| 2" | 4 1/2 | 43,571 | 44,877 | 44,5 |
| 2 1/4 | 4 | 49,018 | 50,466 | 50 |
| 2 1/2 | 4 | 55,368 | 56,816 | 56,5 |
| 2 3/4 | 3 1/2 | 60,556 | 62,184 | 62 |
| 3" | 3 1/2 | 66,906 | 68,534 | 68 |
| 3 1/4 | 3 1/4 | 72,541 | 74,281 | 74 |
| 3 1/2 | 3 1/4 | 78,891 | 80,631 | 80,5 |
| 3 3/4 | 3 | 84,407 | 86,279 | 86 |
| 4" | 3 | 90,757 | 92,629 | 92,5 |

Maße in mm

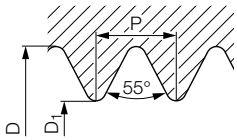


# Gewindebohren

## Gewinde-Vorbohrdurchmesser

### BSF

**Whitworth-Feingewinde**
**BSF nach BS 84**

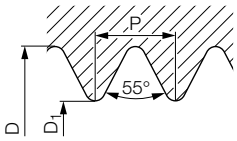



| Gewinde-Nenn-ø D | P Gg./1" | ø $D_1$ min. | ø $D_1$ max. | Bohrer-/Senker-ø |
|---|---|---|---|---|
| 3/16 | 32 | 3,746 | 4,005 | 4 |
| (7/32) | 28 | 4,395 | 4,677 | 4,6 |
| 1/4 | 26 | 5,099 | 5,396 | 5,3 |
| (9/32) | 26 | 5,893 | 6,190 | 6,1 |
| 5/16 | 22 | 6,459 | 6,817 | 6,8 |
| 3/8 | 20 | 7,899 | 8,331 | 8,3 |
| 7/16 | 18 | 9,305 | 9,765 | 9,7 |
| 1/2 | 16 | 10,667 | 11,162 | 11,1 |
| 9/16 | 16 | 12,254 | 12,749 | 12,7 |
| 5/8 | 14 | 13,552 | 14,093 | 14 |
| (11/16) | 14 | 15,139 | 15,680 | 15,5 |
| 3/4 | 12 | 16,339 | 16,941 | 16,75 |
| (13/16) | 12 | 17,927 | 18,529 | 18,5 |
| 7/8 | 11 | 19,268 | 19,908 | 19,75 |
| 1" | 10 | 22,147 | 22,833 | 22,75 |
| 1 1/8 | 9 | 24,961 | 25,703 | 25,5 |
| 1 1/4 | 9 | 28,136 | 28,878 | 28,75 |
| (1 3/8) | 8 | 30,859 | 31,672 | 31,5 |
| 1 1/2 | 8 | 34,034 | 34,847 | 34,8 |
| (1 5/8) | 8 | 37,209 | 38,022 | 38 |
| 1 3/4 | 7 | 39,803 | 40,707 | 40,5 |
| 2" | 7 | 46,153 | 47,057 | 47 |
| 2 1/4 | 6 | 51,729 | 52,753 | 52,5 |
| 2 1/2 | 6 | 58,079 | 59,103 | 59 |
| 2 3/4 | 6 | 64,429 | 65,453 | 65,4 |
| 3" | 5 | 69,694 | 70,888 | 70,5 |

Maße in mm

### G

**Rohrgewinde**
**nach DIN EN ISO 228*)**
**G = PF**



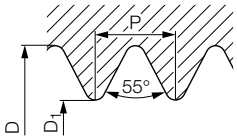

| Gewinde-Nenngr. D | P Gg./1" | ø $D_1$ min. | ø $D_1$ max. | Bohrer-/Senker-ø |
|---|---|---|---|---|
| G 1/16 | 28 | 6,561 | 6,843 | 6,8 |
| G 1/8 | 28 | 8,566 | 8,848 | 8,8 |
| G 1/4 | 19 | 11,445 | 11,890 | 11,8 |
| G 3/8 | 19 | 14,950 | 15,395 | 15,25 |
| G 1/2 | 14 | 18,631 | 19,172 | 19 |
| G 5/8 | 14 | 20,587 | 21,128 | 21 |
| G 3/4 | 14 | 24,117 | 24,658 | 24,5 |
| G 7/8 | 14 | 27,877 | 28,418 | 28,25 |
| G 1" | 11 | 30,291 | 30,931 | 30,75 |
| G 1 1/8 | 11 | 34,939 | 35,579 | 35,5 |
| G 1 1/4 | 11 | 38,952 | 39,592 | 39,5 |
| G (1 3/8) | 11 | 41,365 | 42,005 | 41,75 (41,9) |
| G 1 1/2 | 11 | 44,845 | 45,485 | 45,25 |
| G (1 5/8) | 11 | 49,030 | 49,670 | 49,5 |
| G 1 3/4 | 11 | 50,788 | 51,428 | 51 |
| G 2" | 11 | 56,656 | 57,296 | 57 |
| G 2 1/4 | 11 | 62,752 | 63,392 | 63,3 (63,1) |
| G (2 3/8) | 11 | 66,440 | 67,080 | 67 |
| G 2 1/2 | 11 | 72,226 | 72,866 | 72,8 (72,6) |
| G 2 3/4 | 11 | 78,576 | 79,216 | 79,1 |
| G 3" | 11 | 84,926 | 85,566 | 85,5 |
| G (3 1/4) | 11 | 91,022 | 91,662 | 91,5 |
| G 3 1/2 | 11 | 97,372 | 98,012 | 98 |
| G (3 3/4) | 11 | 103,722 | 104,362 | 104 |
| G 4" | 11 | 110,072 | 110,712 | 110,5 |

*) für nicht im Gewinde dichtende Verbindungen

Maße in mm

### Rp

**Whitworth-Rohrgewinde für Gewinderohre und Fittings,**
**Druckdichte Rohrgewinde nach ISO 7/1, DIN 2999-1 und DIN EN 10226-1,**
**Rp = PS**




| Gewinde-Nenngr. D | P Gg./1" | ø $D_1$ min. | ø $D_1$ max. | Bohrer-/Senker-ø |
|---|---|---|---|---|
| Rp 1/16 | 28 | 6,490 | 6,632 | 6,55 |
| Rp 1/8 | 28 | 8,495 | 8,637 | 8,6 |
| Rp 1/4 | 19 | 11,341 | 11,549 | 11,5 |
| Rp 3/8 | 19 | 14,846 | 15,054 | 15,0 |
| Rp 1/2 | 14 | 18,489 | 18,773 | 18,5 |
| Rp 3/4 | 14 | 23,975 | 24,259 | 24,0 |
| Rp 1" | 11 | 30,111 | 30,471 | 30,25 |

| Gewinde-Nenngr. D | P Gg./1" | ø $D_1$ min. | ø $D_1$ max. | Bohrer-/Senker-ø |
|---|---|---|---|---|
| Rp 1 1/4 | 11 | 38,772 | 39,132 | 39,0 |
| Rp 1 1/2 | 11 | 44,665 | 45,025 | 44,85 |
| Rp 2" | 11 | 56,476 | 56,836 | 56,5 |
| Rp 2 1/2 | 11 | 72,009 | 72,443 | 72,2 |
| Rp 3" | 11 | 84,709 | 85,143 | 85,0 |
| Rp 4" | 11 | 109,855 | 110,289 | 110,0 |

Diese Gewinde-Grenzabmaße sind nicht für DIN 3858 geeignet.

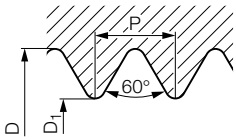
Maße in mm



## Gewinde-Vorbohrdurchmesser

NPSC
NPSM

### Amerikanisches zylindrisches Rohrgewinde NPSC und NPSM (früher NPS) nach ANSI B1.20.1

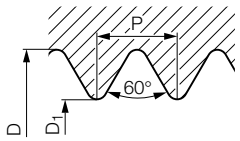



| Gewinde-Nenngr. D | P Gg./1" | ø $D_1$ NPSC min. | ø $D_1$ NPSM min. | ø $D_1$ NPSM max. | Bohrer-/Senker-ø NPSC | Bohrer-/Senker-ø NPSM |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1/8 | 27 | 8,636 | 9,093 | 9,246 | 8,8 | 9,1 |
| 1/4 | 18 | 11,227 | 11,887 | 12,217 | 11,5 | 12 |
| 3/8 | 18 | 14,656 | 15,316 | 15,545 | 15 | 15,5 |
| 1/2 | 14 | 18,161 | 18,974 | 19,279 | 18,5 | 19 |
| 3/4 | 14 | 23,495 | 24,333 | 24,638 | 23,8 | 24,5 |
| 1" | 11 1/2 | 29,489 | 30,505 | 30,759 | 29,9 | 30,5 |
| 1 1/4 | 11 1/2 | 38,252 | 39,268 | 39,497 | 38,7 | 39,25 |
| 1 1/2 | 11 1/2 | 44,323 | 45,339 | 45,568 | 44,7 | 45,5 |
| 2" | 11 1/2 | 56,363 | 57,379 | 57,607 | 56,8 | 57,5 |
| 2 1/2 | 8 | 67,310 | 68,783 | 69,266 | 68 | 69 |
| 3" | 8 | 83,236 | 84,684 | 85,166 | 83,8 | 85 |
| 3 1/2 | 8 | 95,936 | 97,409 | 97,739 | 96,5 | 97,5 |
| 4" | 8 | 108,585 | 110,058 | 110,388 | 109 | 110 |

Maße in mm

NPSF

### Amerikanisches zylindrisches Rohrgewinde NPSF nach ANSI B1.20.3




| Gewinde-Nenngr. D | P Gang/1" | ø $D_1$ min. | Bohrer-/Senker-ø |
|---|---|---|---|
| 1/16 | 27 | 6,304 | 6,35 |
| 1/8 | 27 | 8,651 | 8,75 |
| 1/4 | 18 | 11,232 | 11,3 |
| 3/8 | 18 | 14,671 | 14,75 |
| 1/2 | 14 | 18,118 | 18,2 |
| 3/4 | 14 | 23,465 | 23,5 |
| 1" | 11 1/2 | 29,464 | 29,5 |

Maße in mm

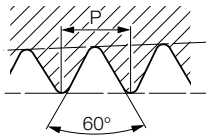


# Gewindebohren

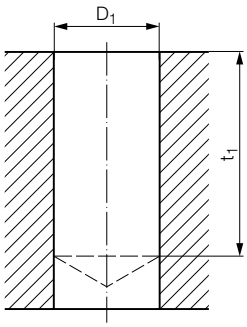
## Gewinde-Vorbohrdurchmesser

**NPT**
**NPTF**

### Amerikanisches kegeliges Rohrgewinde
### NPT nach ANSI/ASME B1.20.1 und
### NPTF nach ANSI B1.20.3




a) Zylindrisch vorbohren ohne Verwendung einer Reibahle

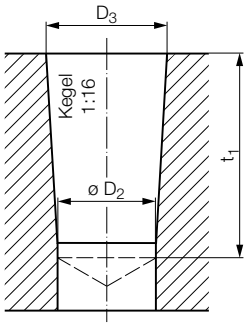



| Gewinde-Nenngröße | P Gg./1" | ø $D_1$ NPT | ø $D_1$ NPTF | $t_1$ [1] |
|---|---|---|---|---|
| 1/16 | 27 | 6,15 (6,2) | 6,1 (6,15) | 12 |
| 1/8 | 27 | 8,5 | 8,45 (8,5) | 12 |
| 1/4 | 18 | 11 (11,1) | 10,9 | 17,5 |
| 3/8 | 18 | 14,5 | 14,3 (14,4) | 17,6 |
| 1/2 | 14 | 17,85 (17,9) | 17,6 (17,7) | 22,9 |
| 3/4 | 14 | 23,2 (23,25) | 23 | 23 |
| 1" | 11 1/2 | 29 (29,25) | 28,75 (29) | 27,4 |
| 1 1/4 | 11 1/2 | 37,8 (38) | 37,5 (37,75) | 28,1 |
| 1 1/2 | 11 1/2 | 44 | 43,75 | 28,4 |
| 2" | 11 1/2 | 56 | 55,75 | 28,4 |
| 2 1/2 | 8 | 66,5 (66,75) | 66,25 (66,5) | 40,8 |
| 3" | 8 | 82,3 (82,5) | 82 (82,25) | 43 |
| 3 1/2 | 8 | 95 | – | 44,7 |
| 4" | 8 | 107,5 (107,75) | – | 45,6 |

Für Gewinde mit höheren Anforderungen, z.B. NPTF-Gewinde für die Luftfahrt, empfehlen wir, das Kernloch nach Form b) bzw. c) auszuführen.

Maße in mm

b) Zylindrisch vorbohren und kegelig aufreiben mit Reibahle




| Gewinde-Nenngröße | P Gg./1" | ø $D_2$ | ø $D_3$ (+0,05) NPT | ø $D_3$ (+0,05) NPTF | $t_1$ [1] |
|---|---|---|---|---|---|
| 1/16 | 27 | 5,95 (6) | 6,39 | 6,41 | 12 |
| 1/8 | 27 | 8,25 (8,3) | 8,74 | 8,76 | 12 |
| 1/4 | 18 | 10,75 | 11,36 | 11,40 | 17,5 |
| 3/8 | 18 | 14,1 (14,2) | 14,8 | 14,84 | 17,6 |
| 1/2 | 14 | 17,5 | 18,32 | 18,33 | 22,9 |
| 3/4 | 14 | 22,7 (22,8) | 23,67 | 23,68 | 23 |
| 1" | 11 1/2 | 28,6 | 29,69 | 29,72 | 27,4 |
| 1 1/4 | 11 1/2 | 37,3 | 38,45 | 38,48 | 28,1 |
| 1 1/2 | 11 1/2 | 43,4 (43,5) | 44,52 | 44,55 | 28,4 |
| 2" | 11 1/2 | 55,5 | 56,56 | 56,59 | 28,4 |
| 2 1/2 | 8 | 66 | 67,62 | 67,67 | 40,8 |
| 3" | 8 | 81,7 | 83,53 | 83,58 | 43 |
| 3 1/2 | 8 | 94,4 | 96,24 | – | 44,7 |
| 4" | 8 | 107 | 108,89 | – | 45,6 |

[1] Die Vorbohrtiefe $t_1$ berücksichtigt die Längen $L_1$ und $L_3$ nach ASME-Norm, sowie die Anschnittlänge des Gewindebohrers und 1 bis 2 Gewindegänge Sicherheit. Tiefbohren ist erforderlich, wenn Gewindebohrer mit Maximal-Gewindelängen nach ASME B94.9 angewendet werden sollen.

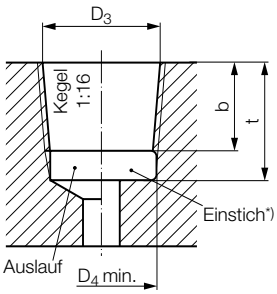
Maße in mm



## Gewinde-Vorbohrdurchmesser



c) Empfehlung für das Vorarbeiten von Grundlöchern




*) Ausführung mit Einstich bevorzugt anwenden

| Gewinde-Nenngröße | P Gg./1" | ø $D_3$ (+0,05) NPT | ø $D_3$ (+0,05) NPTF | b NPT | b NPTF | t min.[2] NPT | t min.[2] NPTF | ø $D_4$ min. NPT | ø $D_4$ min. NPTF |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1/16 | 27 | 6,39 | 6,41 | 7 | 8 | 10 | 11 | 7,6 | 7,4 |
| 1/8 | 27 | 8,74 | 8,76 | 7 | 8 | 10 | 11 | 10 | 9,8 |
| 1/4 | 18 | 11,36 | 11,40 | 10,2 | 11,6 | 14,5 | 15,5 | 13,1 | 12,9 |
| 3/8 | 18 | 14,80 | 14,84 | 10,6 | 12 | 15 | 16 | 16,5 | 16,3 |
| 1/2 | 14 | 18,32 | 18,33 | 13,8 | 15,6 | 19 | 20,5 | 20,5 | 20,3 |
| 3/4 | 14 | 23,67 | 23,68 | 14,2 | 16 | 20 | 21,5 | 25,8 | 25,6 |
| 1" | 11 1/2 | 29,69 | 29,72 | 17 | 19,2 | 24 | 26 | 32,2 | 32 |
| 1 1/4 | 11 1/2 | 38,45 | 38,48 | 17,5 | 19,7 | 24,5 | 26,5 | 41 | 40,8 |
| 1 1/2 | 11 1/2 | 44,52 | 44,55 | 17,5 | 19,7 | 24,5 | 26,5 | 47,2 | 47 |
| 2" | 11 1/2 | 56,56 | 56,59 | 18 | 20,2 | 25 | 27 | 59,2 | 59 |
| 2 1/2 | 8 | 67,62 | 67,67 | 27,2 | 30,4 | 37 | 39,5 | 71,3 | 71 |
| 3" | 8 | 83,53 | 83,58 | 29,4 | 32,6 | 39,5 | 42 | 87 | 86,7 |
| 3 1/2 | 8 | 96,24 | — | 30,5 | — | 41 | — | 99,8 | — |
| 4" | 8 | 108,89 | — | 31,3 | — | 42 | — | 112,3 | — |

[2] Die Kernlochmaße sind auf Minimallängen nach ASME-Norm aufgebaut. Für Grundlöcher, welche die angegebenen Mindesttiefen t nicht zulassen, sind Sondergewindebohrer erforderlich. Eine bemaßte Grundlochskizze ist zur Beurteilung notwendig.

Maße in mm

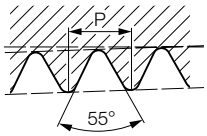


# Gewindebohren

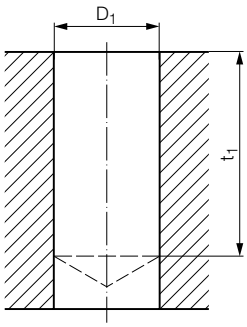
## Rc

## Gewinde-Vorbohrdurchmesser

**Kegeliges Whitworth-Rohrinnengewinde**
**Rc nach ISO 7/1 (früher BSPT) und DIN EN 10226-2**
**Rc = PT**



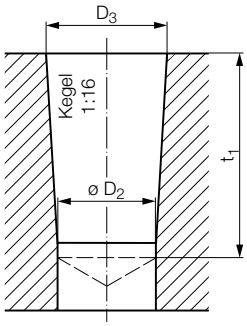

a) Zylindrisch vorbohren ohne Verwendung einer Reibahle




| Gewinde-Nenngröße | P Gg./1" | ø $D_1$ | $t_1$ |
|---|---|---|---|
| Rc 1/16 | 28 | 6,2 | 11,9 |
| Rc 1/8 | 28 | 8,2 | 11,9 |
| Rc 1/4 | 19 | 11 | 17,7 |
| Rc 3/8 | 19 | 14,5 | 18,1 |
| Rc 1/2 | 14 | 18 | 24 |
| Rc 3/4 | 14 | 23,5 | 25,3 |
| Rc 1" | 11 | 29,5 | 30,6 |
| Rc 1 1/4 | 11 | 38,25 | 32,9 |
| Rc 1 1/2 | 11 | 44,25 | 32,9 |
| Rc 2" | 11 | 55,75 | 37,2 |
| Rc 2 1/2 | 11 | 71,25 | 41,7 |
| Rc 3" | 11 | 83,75 | 44,8 |

Maße in mm

b) Zylindrisch vorbohren und kegelig aufreiben mit Reibahle

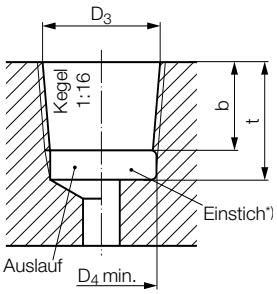



| Gewinde-Nenngröße | P Gg./1" | ø $D_2$ | ø $D_3$ (JS 11) | $t_1$ |
|---|---|---|---|---|
| Rc 1/16 | 28 | 6,1 | 6,56 | 11,9 |
| Rc 1/8 | 28 | 8,1 | 8,57 | 11,9 |
| Rc 1/4 | 19 | 10,75 | 11,45 | 17,7 |
| Rc 3/8 | 19 | 14,25 | 14,95 | 18,1 |
| Rc 1/2 | 14 | 17,75 | 18,63 | 24 |
| Rc 3/4 | 14 | 23 | 24,12 | 25,3 |
| Rc 1" | 11 | 29 | 30,29 | 30,6 |
| Rc 1 1/4 | 11 | 37,5 | 38,95 | 32,9 |
| Rc 1 1/2 | 11 | 43,5 | 44,85 | 32,9 |
| Rc 2" | 11 | 55 | 56,66 | 37,2 |
| Rc 2 1/2 | 11 | 70,5 | 72,23 | 41,7 |
| Rc 3" | 11 | 83 | 84,93 | 44,8 |

Maße in mm

## Gewinde-Vorbohrdurchmesser

c) Empfehlung für das Vorarbeiten von Grundlöchern (nach Minimallängen)




*) Ausführung mit Einstich bevorzugt anwenden

| Gewinde-Nenngröße | P Gg./1" | $D_3$ (JS 11) | b min. | t min.[2)] | ø $D_4$ min. |
|---|---|---|---|---|---|
| Rc | 1/16 | 28 | 6,56 | 5,6 | 9,5 | 7,6 |
| Rc | 1/8 | 28 | 8,57 | 5,6 | 9,5 | 9,6 |
| Rc | 1/4 | 19 | 11,45 | 8,4 | 14 | 13 |
| Rc | 3/8 | 19 | 14,95 | 8,8 | 14,4 | 16,5 |
| Rc | 1/2 | 14 | 18,63 | 11,4 | 19 | 20,6 |
| Rc | 3/4 | 14 | 24,12 | 12,7 | 20,3 | 26 |
| Rc 1" | | 11 | 30,29 | 14,5 | 24,3 | 32,8 |
| Rc 1 1/4 | | 11 | 38,95 | 16,8 | 26,6 | 40,2 |
| Rc 1 1/2 | | 11 | 44,85 | 16,8 | 26,6 | 47,2 |
| Rc 2" | | 11 | 56,66 | 21,1 | 30,9 | 58,7 |
| Rc 2 1/2 | | 11 | 72,23 | 23,2 | 34,2 | 74,2 |
| Rc 3" | | 11 | 84,93 | 26,3 | 37,2 | 86,7 |

2) Für Grundlöcher, welche die angegebenen Mindesttiefen t nicht zulassen, sind Sondergewindebohrer erforderlich. Eine bemaßte Grundlochskizze ist zur Beurteilung notwendig.

Maße in mm

EMUGE Standard-Gewindebohrer sind für die Lochformen a) bis c) geeignet. Die Lochform a) kann angewendet werden, wenn keine Dichtprobleme zu befürchten sind.

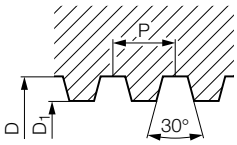


# Gewindebohren

## Gewinde-Vorbohrdurchmesser

### Tr
### Tr-F

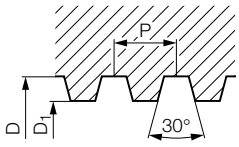
**Metrisches ISO-Trapezgewinde nach DIN 103 und ISO 2903**




| Gewinde-Nenn-ø D x P | ø $D_1$ [1] min. | ø $D_1$ [1] max. | Bohrer-/Senker-ø |
|---|---|---|---|
| Tr 8 x 1,5 | 6,5 | 6,69 | 6,6 |
| Tr 9 x 2 | 7 | 7,236 | 7,2 |
| Tr 10 x 2 | 8 | 8,236 | 8,2 |
| Tr 11 x 3 | 8 | 8,315 | 8,25 |
| Tr 12 x 3 | 9 | 9,315 | 9,25 |
| Tr 14 x 3 | 11 | 11,315 | 11,25 |
| Tr 16 x 4 | 12 | 12,375 | 12,25 |
| Tr 18 x 4 | 14 | 14,375 | 14,25 |
| Tr 20 x 4 | 16 | 16,375 | 16,25 |
| Tr 22 x 5 | 17 | 17,45 | 17,25 |
| Tr 24 x 5 | 19 | 19,45 | 19,25 |
| Tr 26 x 5 | 21 | 21,45 | 21,25 |
| Tr 28 x 5 | 23 | 23,45 | 23,25 |
| Tr 30 x 6 | 24 | 24,5 | 24,25 |
| Tr 32 x 6 | 26 | 26,5 | 26,25 |
| Tr 34 x 6 | 28 | 28,5 | 28,25 |
| Tr 36 x 6 | 30 | 30,5 | 30,25 |
| Tr 38 x 7 | 31 | 31,56 | 31,5 |
| Tr 40 x 7 | 33 | 33,56 | 33,5 |
| Tr 42 x 7 | 35 | 35,56 | 35,5 |
| Tr 44 x 7 | 37 | 37,56 | 37,5 |
| Tr 46 x 8 | 38 | 38,63 | 38,5 |
| Tr 48 x 8 | 40 | 40,63 | 40,5 |
| Tr 50 x 8 | 42 | 42,63 | 42,5 |
| Tr 52 x 8 | 44 | 44,63 | 44,5 |

Maße in mm

**Metrisches ISO-Trapez-Feingewinde nach DIN 103 und ISO 2903**



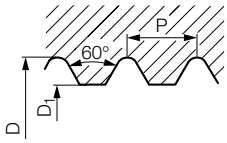

| Gewinde-Nenn-ø D x P | ø $D_1$ [1] min. | ø $D_1$ [1] max. | Bohrer-/Senker-ø [2] |
|---|---|---|---|
| Tr 9 x 1,5 | 7,5 | 7,690 | 7,6 |
| Tr 10 x 1,5 | 8,5 | 8,690 | 8,6 |
| Tr 11 x 2 | 9 | 9,236 | 9,2 |
| Tr 12 x 2 | 10 | 10,236 | 10,2 |
| Tr 14 x 2 | 12 | 12,236 | 12,2 |
| Tr 16 x 2 | 14 | 14,236 | 14,2 |
| Tr 18 x 2 | 16 | 16,236 | 16,2 |
| Tr 20 x 2 | 18 | 18,236 | 18,2 |
| Tr 22 x 3 | 19 | 19,315 | 19,25 |
| Tr 24 x 3 | 21 | 21,315 | 21,25 |
| Tr 26 x 3 | 23 | 23,315 | 23,25 |
| Tr 28 x 3 | 25 | 25,315 | 25,25 |
| Tr 30 x 3 | 27 | 27,315 | 27,25 |

[1] Innengewinde-Kerndurchmesser-Grenzabmaße nach DIN 103-5 (sind für Toleranzklassen 7H, 8H und 9H gleich).
[2] Die glatten Einführungszapfen der EMUGE-Trapez-Gewindebohrer sind auf diese empfohlenen Bohrer- oder Senkerdurchmesser abgestimmt.

Maße in mm

### Vg

**Vg-Gewinde nach DIN 7756**



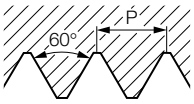

| Gewinde-Nenngröße D | P mm | P Gg./1" | ø $D_1$ min. | ø $D_1$ max. | Bohrer-/Senker-ø |
|---|---|---|---|---|---|
| Vg 5 | | 36 | 4,600 | 4,700 | 4,65 |
| Vg 5,2 | | 24 | 4,200 | 4,300 | 4,25 |
| Vg 6 | | 32 | 5,300 | 5,400 | 5,35 |
| Vg 8 | | 32 | 6,818 | 6,945 | 6,9 |
| Vg 9,6 | 1,000 | — | 8,750 | 8,900 | 8,8 |
| Vg 10 | | 28 | 9,261 | 9,388 | 9,3 |
| Vg 12 | | 26 | 11,075 | 11,227 | 11,1 |

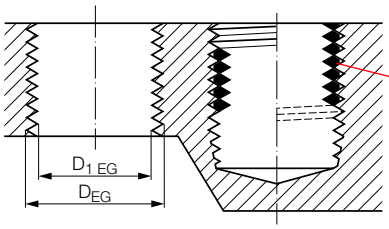
Maße in mm

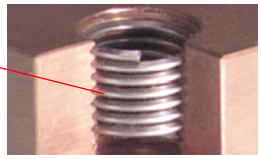


## Gewinde-Vorbohrdurchmesser

**Metrisches EG-Gewinde für Gewindedrahteinsätze DIN 8140**



**EG M**
**EG MF**

### EG-Regelgewinde

| Gewinde- | | ø $D_{EG}$ | ø $D_{1\ EG}$ | | Bohrer-/ Senker- |
|---|---|---|---|---|---|
| Nenngr. | P | min. | min. | max. | ø |
| EG M 2 | 0,4 | 2,520 | 2,087 | 2,177 | 2,1 |
| EG M 2,2 | 0,45 | 2,784 | 2,297 | 2,397 | 2,35 |
| EG M 2,5 | 0,45 | 3,084 | 2,597 | 2,697 | 2,65 |
| EG M 3 | 0,5 | 3,650 | 3,108 | 3,220 | 3,15 |
| EG M 3,5 | 0,6 | 4,280 | 3,630 | 3,755 | 3,7 |
| EG M 4 | 0,7 | 4,910 | 4,152 | 4,292 | 4,2 |
| EG M 4,5 | 0,75 | 5,474 | 4,662 | 4,812 | 4,75 |
| EG M 5 | 0,8 | 6,040 | 5,174 | 5,334 | 5,25 |
| EG M 6 | 1 | 7,300 | 6,217 | 6,407 | 6,3 |
| EG M 7 | 1 | 8,300 | 7,217 | 7,407 | 7,3 |
| EG M 8 | 1,25 | 9,624 | 8,271 | 8,483 | 8,4 |
| EG M 10 | 1,5 | 11,948 | 10,324 | 10,560 | 10,5 |
| EG M 12 | 1,75 | 14,274 | 12,379 | 12,644 | 12,5 |
| EG M 14 | 2 | 16,598 | 14,433 | 14,733 | 14,5 |
| EG M 16 | 2 | 18,598 | 16,433 | 16,733 | 16,5 |
| EG M 18 | 2,5 | 21,248 | 18,541 | 18,896 | 18,75 |
| EG M 20 | 2,5 | 23,248 | 20,541 | 20,896 | 20,75 |
| EG M 22 | 2,5 | 25,248 | 22,541 | 22,896 | 22,75 |
| EG M 24 | 3 | 27,897 | 24,649 | 25,049 | 24,75 |
| EG M 27 | 3 | 30,897 | 27,649 | 28,049 | 27,75 |
| EG M 30 | 3,5 | 34,546 | 30,757 | 31,207 | 31,0 |
| EG M 33 | 3,5 | 37,546 | 33,757 | 34,207 | 34,0 |
| EG M 36 | 4 | 41,196 | 36,866 | 37,341 | 37,0 |
| EG M 39 | 4 | 44,196 | 39,866 | 40,341 | 40,0 |
| EG M 42 | 4,5 | 47,846 | 42,975 | 43,505 | 43,25 |
| EG M 45 | 4,5 | 50,846 | 45,975 | 46,505 | 46,25 |
| EG M 48 | 5 | 54,495 | 49,082 | 49,642 | 49,5 |
| EG M 52 | 5 | 58,495 | 53,082 | 53,642 | 53,5 |

### EG-Feingewinde

| Gewinde- | ø $D_{EG}$ | ø $D_{1\ EG}$ | | Bohrer-/ Senker- |
|---|---|---|---|---|
| Nenngr. x P | min. | min. | max. | ø |
| EG M 8 x 1 | 9,300 | 8,217 | 8,407 | 8,3 |
| EG M 10 x 1 | 11,300 | 10,217 | 10,407 | 10,3 |
| EG M 12 x 1 | 13,300 | 12,217 | 12,407 | 12,3 |
| EG M 14 x 1 | 15,300 | 14,217 | 14,407 | 14,3 |
| EG M 10 x 1,25 | 11,624 | 10,271 | 10,483 | 10,4 |
| EG M 12 x 1,25 | 13,624 | 12,271 | 12,483 | 12,4 |
| EG M 14 x 1,25 | 15,624 | 14,271 | 14,483 | 14,4 |
| EG M 12 x 1,5 | 13,948 | 12,324 | 12,560 | 12,5 |
| EG M 14 x 1,5 | 15,948 | 14,324 | 14,560 | 14,5 |
| EG M 16 x 1,5 | 17,948 | 16,324 | 16,560 | 16,5 |
| EG M 18 x 1,5 | 19,948 | 18,324 | 18,560 | 18,5 |
| EG M 20 x 1,5 | 21,948 | 20,324 | 20,560 | 20,5 |
| EG M 24 x 1,5 | 25,948 | 24,324 | 24,560 | 24,5 |
| EG M 26 x 1,5 | 27,948 | 26,324 | 26,560 | 26,5 |
| EG M 28 x 1,5 | 29,948 | 28,324 | 28,560 | 28,5 |
| EG M 30 x 1,5 | 31,948 | 30,324 | 30,560 | 30,5 |
| EG M 18 x 2 | 20,598 | 18,433 | 18,733 | 18,5 |
| EG M 20 x 2 | 22,598 | 20,433 | 20,733 | 20,5 |
| EG M 24 x 2 | 26,598 | 24,433 | 24,733 | 24,5 |
| EG M 30 x 2 | 32,598 | 30,433 | 30,733 | 30,5 |
| EG M 36 x 2 | 38,598 | 36,433 | 36,733 | 36,5 |
| EG M 42 x 2 | 44,598 | 42,433 | 42,733 | 42,5 |
| EG M 48 x 2 | 50,598 | 48,433 | 48,733 | 48,5 |
| EG M 30 x 3 | 33,897 | 30,649 | 31,049 | 31,0 |
| EG M 36 x 3 | 39,897 | 36,649 | 37,049 | 37,0 |
| EG M 42 x 3 | 45,897 | 42,649 | 43,049 | 43,0 |
| EG M 48 x 3 | 51,897 | 48,649 | 49,049 | 49,0 |
| EG M 42 x 4 | 47,196 | 42,866 | 43,341 | 43,0 |

Gewinde-Grenzabmaße nach DIN 8140-2

Maße in mm

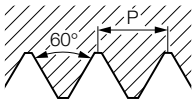


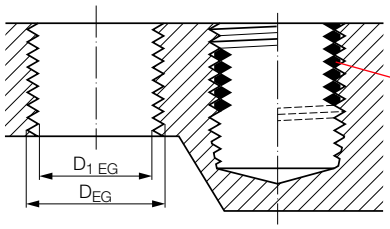
# Gewindebohren

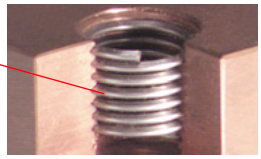
## Gewinde-Vorbohrdurchmesser

## EG UNC

**Amerikanisches Unified-EG-Grobgewinde UNC (UNC-STI) für Gewindedrahteinsätze ASME B18.29.1**



| Gewinde-Nenngr. | P Gg./1" | P mm | ø $D_{EG}$ min. | ø $D_{1\,EG}$ min. | ø $D_{1\,EG}$ max. | Bohrer-/ Senker-ø |
|---|---|---|---|---|---|---|
| EG Nr. 2 | - 56 | 0,454 | 2,773 | 2,283 | 2,440 | 2,3 |
| EG Nr. 3 | - 48 | 0,529 | 3,203 | 2,629 | 2,802 | 2,7 |
| EG Nr. 4 | - 40 | 0,635 | 3,671 | 2,982 | 3,178 | 3,1 |
| EG Nr. 5 | - 40 | 0,635 | 4,000 | 3,312 | 3,485 | 3,4 |
| EG Nr. 6 | - 32 | 0,794 | 4,536 | 3,678 | 3,879 | 3,8 |
| EG Nr. 8 | - 32 | 0,794 | 5,197 | 4,338 | 4,523 | 4,4 |
| EG Nr. 10 | - 24 | 1,058 | 6,200 | 5,054 | 5,283 | 5,2 |
| EG Nr. 12 | - 24 | 1,058 | 6,860 | 5,715 | 5,944 | 5,8 |
| EG 1/4 | - 20 | 1,270 | 8,002 | 6,628 | 6,872 | 6,7 |
| EG 5/16 | - 18 | 1,411 | 9,771 | 8,244 | 8,490 | 8,4 |
| EG 3/8 | - 16 | 1,588 | 11,587 | 9,867 | 10,126 | 10,0 |
| EG 7/16 | - 14 | 1,814 | 13,469 | 11,506 | 11,783 | 11,6 |
| EG 1/2 | - 13 | 1,954 | 15,237 | 13,121 | 13,393 | 13,3 |
| EG 9/16 | - 12 | 2,117 | 17,039 | 14,747 | 15,031 | 14,9 |
| EG 5/8 | - 11 | 2,309 | 18,875 | 16,376 | 16,673 | 16,5 |
| EG 3/4 | - 10 | 2,540 | 22,349 | 19,598 | 19,908 | 19,75 |
| EG 7/8 | - 9 | 2,822 | 25,890 | 22,834 | 23,162 | 23,0 |
| EG 1" | - 8 | 3,175 | 29,524 | 26,087 | 26,468 | 26,25 |
| EG 1 1/8 | - 7 | 3,629 | 33,289 | 29,362 | 29,796 | 29,5 |
| EG 1 1/4 | - 7 | 3,629 | 36,464 | 32,537 | 32,971 | 32,75 |
| EG 1 3/8 | - 6 | 4,233 | 40,424 | 35,842 | 36,350 | 36,0 |
| EG 1 1/2 | - 6 | 4,233 | 43,599 | 39,017 | 39,525 | 39,25 |

Gewinde-Grenzabmaße nach amerikanischen Normen ASME B18.29.1 und MS 33537.

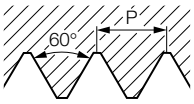
Maße in mm

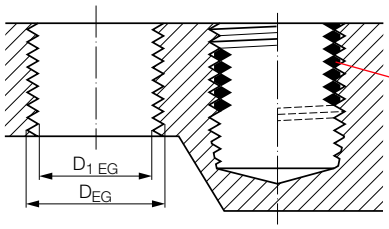


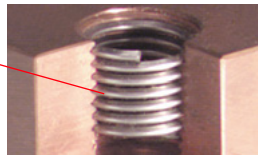
## Gewinde-Vorbohrdurchmesser

**Amerikanisches Unified-EG-Feingewinde UNF (UNF-STI) für Gewindedrahteinsätze ASME B18.29.1**

EG UNF



| Gewinde-Nenngr. P Gg./1" | P mm | ø $D_{EG}$ min. | ø $D_{1\,EG}$ min. | ø $D_{1\,EG}$ max. | Bohrer-/Senker-ø |
|---|---|---|---|---|---|
| EG Nr. 2 - 64 | 0,397 | 2,699 | 2,270 | 2,365 | 2,3 |
| EG Nr. 3 - 56 | 0,454 | 3,104 | 2,613 | 2,758 | 2,7 |
| EG Nr. 4 - 48 | 0,529 | 3,533 | 2,959 | 3,119 | 3,0 |
| EG Nr. 5 - 44 | 0,577 | 3,927 | 3,302 | 3,411 | 3,35 |
| EG Nr. 6 - 40 | 0,635 | 4,330 | 3,642 | 3,815 | 3,7 |
| EG Nr. 8 - 36 | 0,706 | 5,083 | 4,318 | 4,496 | 4,4 |
| EG Nr. 10 - 32 | 0,794 | 5,858 | 4,999 | 5,184 | 5,1 |
| EG Nr. 12 - 28 | 0,907 | 6,665 | 5,682 | 5,809 | 5,7 |
| EG 1/4 - 28 | 0,907 | 7,528 | 6,545 | 6,720 | 6,6 |
| EG 5/16 - 24 | 1,058 | 9,312 | 8,166 | 8,351 | 8,25 |
| EG 3/8 - 24 | 1,058 | 10,899 | 9,753 | 9,931 | 9,8 |
| EG 7/16 - 20 | 1,270 | 12,763 | 11,389 | 11,587 | 11,5 |
| EG 1/2 - 20 | 1,270 | 14,352 | 12,978 | 13,176 | 13,1 |
| EG 9/16 - 18 | 1,411 | 16,121 | 14,594 | 14,800 | 14,7 |
| EG 5/8 - 18 | 1,411 | 17,709 | 16,182 | 16,388 | 16,25 |
| EG 3/4 - 16 | 1,588 | 21,112 | 19,392 | 19,608 | 19,5 |
| EG 7/8 - 14 | 1,814 | 24,583 | 22,620 | 22,846 | 22,75 |
| EG 1" - 12 | 2,177 | 28,151 | 25,860 | 26,114 | 26,0 |
| EG 1 1/8 - 12 | 2,177 | 31,326 | 29,035 | 29,289 | 29,15 |
| EG 1 1/4 - 12 | 2,177 | 34,501 | 32,210 | 32,464 | 32,35 |
| EG 1 3/8 - 12 | 2,177 | 37,676 | 35,385 | 35,639 | 35,5 |
| EG 1 1/2 - 12 | 2,177 | 40,851 | 38,560 | 38,814 | 38,75 |

[1] Gewinde-Grenzabmaße nach amerikanischen Normen ASME B18.29.1 und MS 33537.

Maße in mm

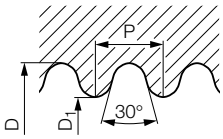


# Gewindebohren

## Rd
## MJ

## Gewinde-Vorbohrdurchmesser

### Rundgewinde DIN 405

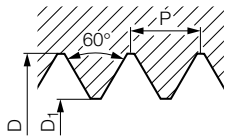



| Gewinde-Nenn-ø D x P Gg./1" | P mm | ø $D_1$ 1) min. | ø $D_1$ 1) max. | Bohrer-/Senker-ø |
|---|---|---|---|---|
| Rd 8 x 1/10 | 2,54 | 5,714 | 6,164 | 6 |
| Rd 9 x 1/10 | 2,54 | 6,714 | 7,164 | 7 |
| Rd 10 x 1/10 | 2,54 | 7,714 | 8,164 | 8 |
| Rd 11 x 1/10 | 2,54 | 8,714 | 9,164 | 9 |
| Rd 12 x 1/10 | 2,54 | 9,714 | 10,164 | 10 |
| Rd 14 x 1/8 | 3,175 | 11,142 | 11,672 | 11,5 |
| Rd 16 x 1/8 | 3,175 | 13,142 | 13,672 | 13,5 |
| Rd 18 x 1/8 | 3,175 | 15,142 | 15,672 | 15,5 |
| Rd 20 x 1/8 | 3,175 | 17,142 | 17,672 | 17,5 |
| Rd 22 x 1/8 | 3,175 | 19,142 | 19,672 | 19,5 |
| Rd 24 x 1/8 | 3,175 | 21,142 | 21,672 | 21,5 |
| Rd 26 x 1/8 | 3,175 | 23,142 | 23,672 | 23,5 |
| Rd 28 x 1/8 | 3,175 | 25,142 | 25,672 | 25,5 |
| Rd 30 x 1/8 | 3,175 | 27,142 | 27,672 | 27,5 |
| Rd 32 x 1/8 | 3,175 | 29,142 | 29,672 | 29,5 |
| Rd 34 x 1/8 | 3,175 | 31,142 | 31,672 | 31,5 |
| Rd 36 x 1/8 | 3,175 | 33,142 | 33,672 | 33,5 |
| Rd 38 x 1/8 | 3,175 | 35,142 | 35,672 | 35,5 |
| Rd 40 x 1/6 | 4,233 | 36,190 | 36,820 | 36,5 |
| Rd 42 x 1/6 | 4,233 | 38,190 | 38,820 | 38,5 |
| Rd 44 x 1/6 | 4,233 | 40,190 | 40,820 | 40,5 |
| Rd 46 x 1/6 | 4,233 | 42,190 | 42,820 | 42,5 |
| Rd 48 x 1/6 | 4,233 | 44,190 | 44,820 | 44,5 |
| Rd 50 x 1/6 | 4,233 | 46,190 | 46,820 | 46,5 |
| Rd 52 x 1/6 | 4,233 | 48,190 | 48,820 | 48,5 |

1) Gewinde-Grenzabmaße nach DIN 405, Toleranz 7H/6H

Maße in mm

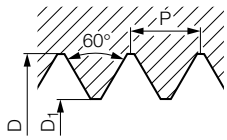
### MJ Regelgewinde nach DIN ISO 5855




| Gewinde-Nenn-ø D x P 3) | ø $D_1$ 2) min. | ø $D_1$ 2) max. | Bohrer-/Senker-ø |
|---|---|---|---|
| MJ 1,6 x 0,35 | 1,259 | 1,359 | 1,3 |
| MJ 2 x 0,4 | 1,610 | 1,722 | 1,65 |
| MJ 2,5 x 0,45 | 2,062 | 2,187 | 2,1 |
| MJ 3 x 0,5 | 2,513 | 2,653 | 2,6 |
| MJ 3,5 x 0,6 | 2,915 | 3,075 | 3 |
| MJ 4 x 0,7 | 3,318 | 3,498 | 3,4 |
| MJ 5 x 0,8 | 4,221 | 4,421 | 4,3 |
| MJ 6 x 1 | 5,026 | 5,216 | 5,1 |
| MJ 7 x 1 | 6,026 | 6,216 | 6,1 |

Maße in mm; P=Steigung

### MJ Feingewinde nach DIN ISO 5855




| Gewinde-Nenn-ø D x P 3) | ø $D_1$ 2) min. | ø $D_1$ 2) max. | Bohrer-/Senker-ø |
|---|---|---|---|
| MJ 8 x 1 | 7,026 | 7,216 | 7,1 |
| MJ10 x 1,25 | 8,782 | 8,994 | 8,9 |
| MJ12 x 1,25 | 10,782 | 10,994 | 10,9 |
| MJ14 x 1,5 | 12,539 | 12,775 | 12,6 |
| MJ16 x 1,5 | 14,539 | 14,775 | 14,6 |
| MJ18 x 1,5 | 16,539 | 16,775 | 16,6 |
| MJ20 x 1,5 | 18,539 | 18,775 | 18,6 |
| MJ22 x 1,5 | 20,539 | 20,775 | 20,6 |
| MJ24 x 2 | 22,051 | 22,351 | 22,25 |
| MJ27 x 2 | 25,051 | 25,351 | 25,25 |
| MJ30 x 2 | 28,051 | 28,351 | 28,25 |
| MJ33 x 2 | 31,051 | 31,351 | 31,25 |
| MJ36 x 2 | 34,051 | 34,351 | 34,25 |
| MJ39 x 2 | 37,051 | 37,351 | 37,25 |

2) Bis MJ 5 x 0,8 für Toleranz 4H 6H, darüber 4H 5H

3) Bei MJ-Gewinden ist immer die Gewindesteigung mit anzugeben (auch bei MJ-Regelgewinde)

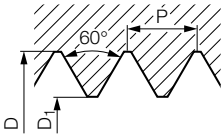
Maße in mm; P=Steigung



UNJC
UNJF

## Gewinde-Vorbohrdurchmesser

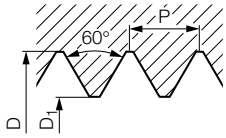
### Amerikanisches Unified-Grobgewinde UNJC nach ASME B1.15 und ISO 3161




| Gewinde- Nenn-ø D | P Gg./1" | ø $D_1$ min. | ø $D_1$ max. | Bohrer-/ Senker-ø |
|---|---|---|---|---|
| Nr. 1 | 64 | 1,469 | 1,572 | 1,5 |
| Nr. 2 | 56 | 1,743 | 1,859 | 1,8 |
| Nr. 3 | 48 | 1,999 | 2,136 | 2,1 |
| Nr. 4 | 40 | 2,228 | 2,392 | 2,3 |
| Nr. 5 | 40 | 2,558 | 2,722 | 2,6 |
| Nr. 6 | 32 | 2,734 | 2,938 | 2,85 |
| Nr. 8 | 32 | 3,394 | 3,599 | 3,5 |
| Nr. 10 | 24 | 3,795 | 4,064 | 3,9 |
| Nr. 12 | 24 | 4,456 | 4,704 | 4,6 |
| 1/4 | 20 | 5,114 | 5,387 | 5,25 |
| 5/16 | 18 | 6,564 | 6,832 | 6,7 |
| 3/8 | 16 | 7,981 | 8,257 | 8,1 |
| 7/16 | 14 | 9,348 | 9,639 | 9,5 |
| 1/2 | 13 | 10,798 | 11,094 | 10,9 |
| 9/16 | 12 | 12,228 | 12,481 | 12,3 |
| 5/8 | 11 | 13,628 | 13,903 | 13,75 |
| 3/4 | 10 | 16,577 | 16,880 | 16,75 |
| 7/8 | 9 | 19,477 | 19,814 | 19,6 |
| 1" | 8 | 22,309 | 22,689 | 22,5 |
| 1 1/8 | 7 | 25,042 | 25,476 | 25,25 |
| 1 1/4 | 7 | 28,217 | 28,651 | 28,5 |
| 1 3/8 | 6 | 30,803 | 31,310 | 31 |
| 1 1/2 | 6 | 33,978 | 34,485 | 34,25 |
| 1 3/4 | 5 | 39,503 | 40,111 | 39,75 |
| 2 " | 4 1/2 | 45,301 | 45,979 | 45,5 |

Maße in mm; P=Steigung

### Amerikanisches Unified-Feingewinde UNJF nach ASME B1.15 und ISO 3161




| Gewinde- Nenn-ø D | P Gg./1" | ø $D_1$ min. | ø $D_1$ max. | Bohrer-/ Senker-ø |
|---|---|---|---|---|
| Nr. 0 | 80 | 1,217 | 1,297 | 1,25 |
| Nr. 1 | 72 | 1,512 | 1,602 | 1,55 |
| Nr. 2 | 64 | 1,799 | 1,902 | 1,85 |
| Nr. 3 | 56 | 2,073 | 2,189 | 2,15 |
| Nr. 4 | 48 | 2,330 | 2,466 | 2,4 |
| Nr. 5 | 44 | 2,614 | 2,763 | 2,7 |
| Nr. 6 | 40 | 2,888 | 3,053 | 3 |
| Nr. 8 | 36 | 3,480 | 3,662 | 3,55 |
| Nr. 10 | 32 | 4,054 | 4,254 | 4,15 |
| Nr. 12 | 28 | 4,603 | 4,815 | 4,7 |
| 1/4 | 28 | 5,467 | 5,661 | 5,55 |
| 5/16 | 24 | 6,907 | 7,109 | 7 |
| 3/8 | 24 | 8,494 | 8,679 | 8,6 |
| 7/16 | 20 | 9,876 | 10,083 | 10 |
| 1/2 | 20 | 11,464 | 11,661 | 11,6 |
| 9/16 | 18 | 12,914 | 13,121 | 13 |
| 5/8 | 18 | 14,501 | 14,701 | 14,6 |
| 3/4 | 16 | 17,506 | 17,721 | 17,6 |
| 7/8 | 14 | 20,460 | 20,706 | 20,6 |
| 1" | 12 | 23,341 | 23,594 | 23,4 |
| 1 1/8 | 12 | 26,516 | 26,769 | 26,6 |
| 1 1/4 | 12 | 29,691 | 29,944 | 29,75 |
| 1 3/8 | 12 | 32,866 | 33,119 | 33 |
| 1 1/2 | 12 | 36,041 | 36,294 | 36,1 |

Maße in mm; P=Steigung

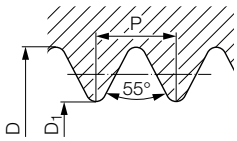


# Gewindebohren

## Gewinde-Vorbohrdurchmesser

## DIN 477 zylindrisch

**Gasflaschen-Gewinde; zylindrische Gewinde für Seitenstutzen und Zubehör nach DIN 477-1**



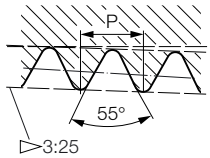

| Gewinde- Nenn-ø D x P in. | P mm | ø $D_1$ min. | ø $D_1$ max. | Bohrer-/ Senker- ø |
|---|---|---|---|---|
| W 21,8 x 1/14 | 1,814 | 19,496 | 20,066 | 19,8 |
| W 24,32 x 1/14 | 1,814 | 22,016 | 22,586 | 22,3 |
| W 1" 1) | 3,175 | 21,336 | 22,149 | 22 |

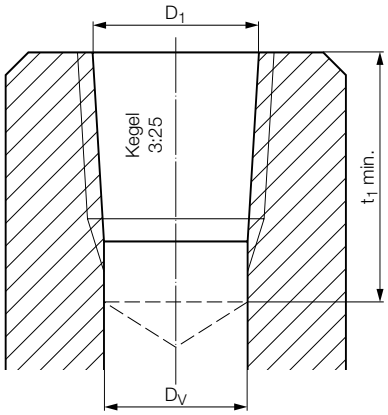
1) 1" DIN 477 entspricht 1"-8 BSW nach BS 84

Maße in mm

## DIN 477 kegelig

**Kegeliges Gewinde für Gasflaschenhals nach DIN 477-1 (DIN EN 629-1 u.a.)**




| Gewinde Nenngr. D x P in. | $D_V$ | $D_1$ (±0,06) | $t_1$ min. | Bez. nach ISO/EN |
|---|---|---|---|---|
| 3) W 19,8 x 1/14 keg. | 14,6 | 16,82 | 23,5 | 17E |
| 4) W 28,8 x 1/14 keg. | 22,6 | 25,42 | 28,5 | 25E |
| W 31,3 x 1/14 keg. | 25,1 | 27,92 | 28,5 | – |
| 2) W 35,8 x 1/14 keg. | 29,25 | 32,42 | 31,5 | – |

2) W 35,8 x 1/14 kegelig ist ein Sondergewinde und nach DIN 477-1 nicht genormt.
3) W 19,8 x 1/14 kegelig entspricht auch Gewinde „E17 con" nach DIN EN 144-1 und Gewinde 17E nach DIN EN ISO 11116-1.
4) W 28,8 x 1/14 kegelig entspricht auch Gewinde E25 nach DIN EN 629-1.

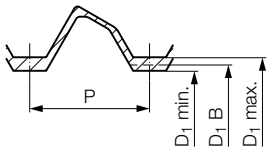
Es wird empfohlen, das Kernloch zylindrisch vorzubohren und mit Hilfe einer Reibahle (K 3:25) kegelig aufzureiben.
Die Vorbohrtiefe $t_1$ min. enthält die nutzbare Gewindelänge nach Norm, die Anschnittlänge des Gewindebohrers und ca. 1 Gewindegang Sicherheit. Zusätzliches Tieferbohren ist je nach Werkstückkonstruktion vom Konstrukteur festzulegen.
Kegelige EMUGE-Gewindebohrer DIN 477 sind für Minimumlängen ($t_1$ min.) ausgelegt!



LK-M

## Gewinde-Vorbohrdurchmesser

### Metrisches SELF-LOCK-Regelgewinde für Gewinde mit P > 0,7 mm



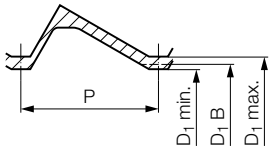

➤ *Bei LK-Gewinden ist die Profilstellung zu beachten!*

| Gewinde- Nenn-ø | P | ø $D_1$ min. | ø $D_1$ max. Reihe 1 | ø $D_1$ max. Reihe 2 | Bohrer-/Senker-ø $D_1$ B [1)] |
|---|---|---|---|---|---|
| LK-M 4,5 | 0,75 | 3,866 | 4,056 | 4,101 | 3,9 |
| LK-M 5 | 0,8 | 4,324 | 4,524 | 4,574 | 4,4 |
| LK-M 6 | 1 | 5,152 | 5,388 | 5,465 | 5,2 |
| LK-M 7 | 1 | 6,152 | 6,388 | 6,465 | 6,2 |
| LK-M 8 | 1,25 | 6,931 | 7,196 | 7,322 | 7 |
| LK-M 9 | 1,25 | 7,931 | 8,196 | 8,322 | 8 |
| LK-M 10 | 1,5 | 8,700 | 9,000 | 9,170 | 8,8 |
| LK-M 11 | 1,5 | 9,700 | 10,000 | 10,170 | 9,8 |
| LK-M 12 | 1,75 | 10,477 | 10,812 | 11,024 | 10,7 |
| LK-M 14 | 2 | 12,237 | 12,612 | 12,863 | 12,5 |
| LK-M 16 | 2 | 14,237 | 14,612 | 14,863 | 14,5 |
| LK-M 18 | 2,5 | 15,787 | 16,237 | 16,569 | 16 |
| LK-M 20 | 2,5 | 17,787 | 18,237 | 18,569 | 18 |
| LK-M 22 | 2,5 | 19,787 | 20,237 | 20,569 | 20 |
| LK-M 24 | 3 | 21,320 | 21,820 | 22,259 | 21,5 |

[1)] Die empfohlenen Kernloch-Bohrerdurchmesser sind mit Reihe 1 (Vorzugsreihe) abgestimmt. Reihe 2 für Sonderfälle, z.B. schwer zerspanbare Werkstoffe.

Maße in mm; P=Steigung

### Metrisches SELF-LOCK-Regelgewinde mit Sägezahnprofil für Gewinde mit P ≤ 0,7 mm




| Gewinde- Nenn-ø | P | ø $D_1$ min. | ø $D_1$ max. | Bohrer-/Senker-ø $D_1$ B |
|---|---|---|---|---|
| LK-M 2 | 0,4 | 1,736 | 1,794 | 1,75 |
| LK-M 2,2 | 0,45 | 1,904 | 1,969 | 1,9 |
| LK-M 2,5 | 0,45 | 2,204 | 2,269 | 2,2 |
| LK-M 3 | 0,5 | 2,673 | 2,745 | 2,7 |
| LK-M 3,5 | 0,6 | 3,111 | 3,196 | 3,1 |
| LK-M 4 | 0,7 | 3,549 | 3,639 | 3,55 |

Maße in mm; P=Steigung

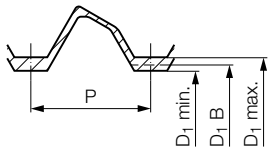


# Gewindebohren

## Gewinde-Vorbohrdurchmesser

## LK-MF

**Metrisches SELF-LOCK-Feingewinde**
**für Gewinde mit P > 0,7 mm**




➤ *Bei LK-Gewinden ist die Profilstellung zu beachten!*

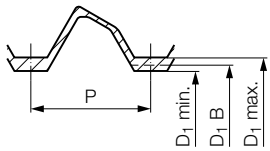
| Gewinde- Nenn-ø | P | ø $D_1$ min. | ø $D_1$ max. Reihe 1 | ø $D_1$ max. Reihe 2 | Bohrer-/Senker-ø $D_1$ B [1] |
|---|---|---|---|---|---|
| LK-M 6 | x 0,75 | 5,366 | 5,556 | 5,601 | 5,4 |
| LK-M 8 | x 0,75 | 7,366 | 7,556 | 7,601 | 7,4 |
| LK-M 8 | x 1 | 7,152 | 7,388 | 7,465 | 7,2 |
| LK-M 10 | x 1 | 9,152 | 9,388 | 9,465 | 9,2 |
| LK-M 12 | x 1 | 11,152 | 11,388 | 11,465 | 11,2 |
| LK-M 10 | x 1,25 | 8,931 | 9,196 | 9,322 | 9 |
| LK-M 12 | x 1,25 | 10,931 | 11,196 | 11,322 | 11 |
| LK-M 14 | x 1,25 | 12,931 | 13,196 | 13,322 | 13 |
| LK-M 12 | x 1,5 | 10,700 | 11,000 | 11,170 | 10,8 |
| LK-M 14 | x 1,5 | 12,700 | 13,000 | 13,170 | 12,8 |
| LK-M 16 | x 1,5 | 14,700 | 15,000 | 15,170 | 14,75 |
| LK-M 18 | x 1,5 | 16,700 | 17,000 | 17,170 | 16,75 |
| LK-M 20 | x 1,5 | 18,700 | 19,000 | 19,170 | 18,75 |
| LK-M 22 | x 1,5 | 20,700 | 21,000 | 21,170 | 20,75 |
| LK-M 24 | x 1,5 | 22,700 | 23,000 | 23,170 | 22,75 |
| LK-M 18 | x 2 | 16,237 | 16,612 | 16,863 | 16,5 |
| LK-M 20 | x 2 | 18,237 | 18,612 | 18,863 | 18,5 |
| LK-M 22 | x 2 | 20,237 | 20,612 | 20,863 | 20,5 |
| LK-M 24 | x 2 | 22,237 | 22,612 | 22,863 | 22,5 |

[1] Die empfohlenen Kernloch-Bohrerdurchmesser sind mit Reihe 1 (Vorzugsreihe) abgestimmt. Reihe 2 für Sonderfälle, z.B. schwer zerspanbare Werkstoffe.

Maße in mm; P=Steigung

## LK-UNC

**Unified SELF-LOCK-Grobgewinde UNC**
**für Gewinde mit P einschließlich 32 Gg. / 1 in. und gröber**




➤ *Bei LK-Gewinden ist die Profilstellung zu beachten!*

| Gewinde- Nenn-ø | P Gg./1" | ø $D_1$ min. | ø $D_1$ max. Reihe 1 | ø $D_1$ max. Reihe 2 | Bohrer-/Senker-ø $D_1$ B [1] |
|---|---|---|---|---|---|
| LK Nr. 6 | - 32 | 2,841 | 3,095 | 3,090 | 2,9 |
| LK Nr. 8 | - 32 | 3,499 | 3,728 | 3,748 | 3,6 |
| LK Nr. 10 | - 24 | 3,923 | 4,202 | 4,255 | 4,0 |
| LK Nr. 12 | - 24 | 4,583 | 4,837 | 4,915 | 4,7 |
| LK 1/4 | - 20 | 5,255 | 5,534 | 5,653 | 5,3 |
| LK 5/16 | - 18 | 6,715 | 7,045 | 7,157 | 6,8 |
| LK 3/8 | - 16 | 8,139 | 8,495 | 8,637 | 8,3 |
| LK 7/16 | - 14 | 9,520 | 9,926 | 10,088 | 9,7 |
| LK 1/2 | - 13 | 10,980 | 11,412 | 11,592 | 11,2 |
| LK 9/16 | - 12 | 12,414 | 12,871 | 13,077 | 12,6 |
| LK 5/8 | - 11 | 13,826 | 14,309 | 14,549 | 14,0 |
| LK 3/4 | - 10 | 16,786 | 17,319 | 17,581 | 17,0 |

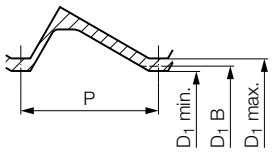
[1] Die empfohlenen Kernloch-Bohrerdurchmesser sind mit Reihe 1 (Vorzugsreihe) abgestimmt. Reihe 2 für Sonderfälle, z.B. schwer zerspanbare Werkstoffe.

Maße in mm



## Gewinde-Vorbohrdurchmesser

### Unified SELF-LOCK-Grobgewinde UNC
### für Gewinde mit P einschließlich 36 Gg. / 1 in. und feiner



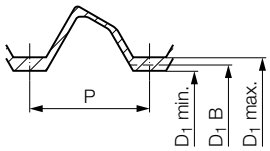

LK-UNC

➤ *Bei LK-Gewinden ist die Profilstellung zu beachten!*

| Gewinde- Nenn-ø | P Gg./1" | ø $D_1$ min. | ø $D_1$ max. | Bohrer-/Senker-ø $D_1$ B |
|---|---|---|---|---|
| LK Nr. 1 | - 64 | 1,595 | 1,646 | 1,6 |
| LK Nr. 2 | - 56 | 1,890 | 1,943 | 1,9 |
| LK Nr. 3 | - 48 | 2,172 | 2,230 | 2,2 |
| LK Nr. 4 | - 40 | 2,435 | 2,499 | 2,45 |
| LK Nr. 5 | - 40 | 2,765 | 2,831 | 2,8 |

Maße in mm

### Unified SELF-LOCK-Feingewinde UNF
### für Gewinde mit P einschließlich 32 Gg. / 1 in. und gröber




LK-UNF

8

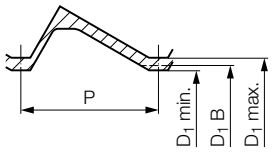
➤ *Bei LK-Gewinden ist die Profilstellung zu beachten!*

| Gewinde- Nenn-ø | P Gg./1" | ø $D_1$ min. | ø $D_1$ max. Reihe 1 | ø $D_1$ max. Reihe 2 | Bohrer-/Senker-ø $D_1$ B [1] |
|---|---|---|---|---|---|
| LK Nr. 10 | - 32 | 4,159 | 4,362 | 4,408 | 4,2 |
| LK Nr. 12 | - 28 | 4,717 | 4,946 | 5,001 | 4,8 |
| LK 1/4 | - 28 | 5,581 | 5,810 | 5,865 | 5,7 |
| LK 5/16 | - 24 | 7,032 | 7,286 | 7,364 | 7,2 |
| LK 3/8 | - 24 | 8,619 | 8,873 | 8,951 | 8,7 |
| LK 7/16 | - 20 | 10,012 | 10,317 | 10,410 | 10,2 |
| LK 1/2 | - 20 | 11,600 | 11,879 | 11,998 | 11,7 |
| LK 9/16 | - 18 | 13,058 | 13,388 | 13,500 | 13,2 |
| L 5/8 | - 18 | 14,646 | 14,976 | 15,088 | 14,8 |
| LK 3/4 | - 16 | 17,659 | 18,015 | 18,157 | 17,8 |

[1] Die empfohlenen Kernloch-Bohrerdurchmesser sind mit Reihe 1 (Vorzugsreihe) abgestimmt. Reihe 2 für Sonderfälle, z.B. schwer zerspanbare Werkstoffe.

Maße in mm

### Unified SELF-LOCK-Feingewinde UNF
### für Gewinde mit P einschließlich 36 Gg. / 1 in. und feiner




| Gewinde- Nenn-ø | P Gg./1" | ø $D_1$ min. | ø $D_1$ max. | Bohrer-/Senker-ø $D_1$ B |
|---|---|---|---|---|
| LK Nr. 0 | - 80 | 1,316 | 1,362 | 1,32 |
| LK Nr. 1 | - 72 | 1,622 | 1,670 | 1,65 |
| LK Nr. 2 | - 64 | 1,925 | 1,976 | 1,95 |
| LK Nr. 3 | - 56 | 2,218 | 2,274 | 2,25 |
| LK Nr. 4 | - 48 | 2,502 | 2,563 | 2,53 |
| LK Nr. 5 | - 44 | 2,803 | 2,867 | 2,82 |
| LK Nr. 6 | - 40 | 3,095 | 3,161 | 3,1 |
| LK Nr. 8 | - 36 | 3,713 | 3,784 | 3,75 |

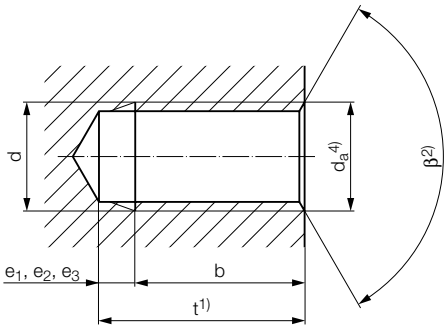
Maße in mm



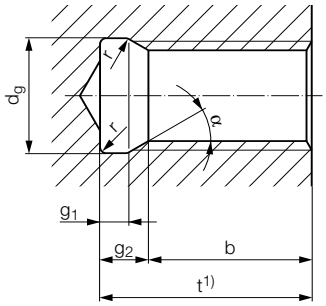


## 8.4.3 Gewindeauslauf und Gewindefreistich nach DIN 76-1 bei Gewindegrundlöchern mit Metrischem ISO-Gewinde

**Grundloch mit Gewindeauslauf**




**Grundloch mit Gewindefreistich**




Übrige Maße wie bei Bild Gewindeauslauf. Übergangswinkel α im Bereich zwischen $g_1$ und $g_2$ 30° bis 60°, je nach Art der Gewindeherstellung.

| Gewinde d | | Gewindeauslauf (einschl. Grundlochüberhang) | | | Gewindefreistich | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | $d_g$ | $g_1$ min. | | $g_2$ max. | | r |
| Stgg. P | Regel-gewinde | $e_1$ Regel | $e_2$ kurz 3) | $e_3$ lang | H13 | C Regel | D kurz 3) | C Regel | D kurz 3) | ≈ |
| 0,2 | – | 1,3 | 0,8 | 2 | d + 0,1 | 0,8 | 0,5 | 1,2 | 0,9 | 0,1 |
| 0,25 | 1; 1,2 | 1,5 | 1 | 2,4 | d + 0,1 | 1 | 0,6 | 1,4 | 1 | 0,12 |
| 0,3 | 1,4 | 1,8 | 1,2 | 2,9 | d + 0,1 | 1,2 | 0,75 | 1,6 | 1,25 | 0,16 |
| 0,35 | 1,6; 1,7; 1,8 | 2,1 | 1,3 | 3,3 | d + 0,2 | 1,4 | 0,9 | 1,9 | 1,4 | 0,16 |
| 0,4 | 2; 2,3 | 2,3 | 1,5 | 3,7 | d + 0,2 | 1,6 | 1 | 2,2 | 1,6 | 0,2 |
| 0,45 | 2,2; 2,5; 2,6 | 2,6 | 1,6 | 4,1 | d + 0,2 | 1,8 | 1,1 | 2,4 | 1,7 | 0,2 |
| 0,5 | 3 | 2,8 | 1,8 | 4,5 | d + 0,3 | 2 | 1,25 | 2,7 | 2 | 0,2 |
| 0,6 | 3,5 | 3,4 | 2,1 | 5,4 | d + 0,3 | 2,4 | 1,5 | 3,3 | 2,4 | 0,4 |
| 0,7 | 4 | 3,8 | 2,4 | 6,1 | d + 0,3 | 2,8 | 1,75 | 3,8 | 2,75 | 0,4 |
| 0,75 | 4,5 | 4 | 2,5 | 6,4 | d + 0,3 | 3 | 1,9 | 4 | 2,9 | 0,4 |
| 0,8 | 5 | 4,2 | 2,7 | 6,8 | d + 0,3 | 3,2 | 2 | 4,2 | 3 | 0,4 |
| 1 | 6; 7 | 5,1 | 3,2 | 8,2 | d + 0,5 | 4 | 2,5 | 5,2 | 3,7 | 0,6 |
| 1,25 | 8 | 6,2 | 3,9 | 10 | d + 0,5 | 5 | 3,2 | 6,7 | 4,9 | 0,6 |
| 1,5 | 10 | 7,3 | 4,6 | 11,6 | d + 0,5 | 6 | 3,8 | 7,8 | 5,6 | 0,8 |
| 1,75 | 12 | 8,3 | 5,2 | 13,3 | d + 0,5 | 7 | 4,3 | 9,1 | 6,4 | 1 |
| 2 | 14; 16 | 9,3 | 5,8 | 14,8 | d + 0,5 | 8 | 5 | 10,3 | 7,3 | 1 |
| 2,5 | 18; 20; 22 | 11,2 | 7 | 17,9 | d + 0,5 | 10 | 6,3 | 13 | 9,3 | 1,2 |
| 3 | 24; 27 | 13,1 | 8,2 | 21 | d + 0,5 | 12 | 7,5 | 15,2 | 10,7 | 1,6 |
| 3,5 | 30; 33 | 15,2 | 9,5 | 24,3 | d + 0,5 | 14 | 9 | 17,7 | 12,7 | 1,6 |
| 4 | 36; 39 | 16,8 | 10,5 | 26,9 | d + 0,5 | 16 | 10 | 20 | 14 | 2 |
| 4,5 | 42; 45 | 18,4 | 11,5 | 29,4 | d + 0,5 | 18 | 11 | 23 | 16 | 2 |
| 5 | 48; 52 | 20,8 | 13 | 33,3 | d + 0,5 | 20 | 12,5 | 26 | 18,5 | 2,5 |
| 5,5 | 56; 60 | 22,4 | 14 | 35,8 | d + 0,5 | 22 | 14 | 28 | 20 | 3,2 |
| 6 | 64; 68 | 24 | 15 | 38,4 | d + 0,5 | 24 | 15 | 30 | 21 | 3,2 |
| Die angegebenen Maße entsprechen ≈ | | 6,3 bis 4 P | 4 bis 2,5 P | 10 bis 6,3 P | — | 4 P | 2,5 P | — | — | 0,5 P |

1) Empfohlene zulässige Abweichung für das erreichte Maß t: $^{+0,5}_{0}$ P

Maße in mm

2) β üblich 120°; in Sonderfällen 90°; für Stiftschrauben mit Gewindeauslauf und für Zentrierbohrungen wird 60°, für Stiftschrauben in Leichtmetall wird eine zylindrische Ansenkung empfohlen.

3) Grundlochüberhang „kurz“ und Gewindefreistich „D“ nur für Sonderfälle, bei denen aus technischen Gründen ein kurzer Auslauf erforderlich ist.
Grundlochüberhang „Regel“ und Gewindefreistich „C“ gelten immer, wenn in Normen oder Zeichnungen Angaben gemacht sind.
Für andere Spitzgewinde ist analog zu verfahren (Steigung P beachten).

4) $d_a$ min. = 1 d; $d_a$ max. = 1,05 d



## 8.4.4 Bestimmung von Schnittkraft, Drehmoment und Leistung

| Bezeichnung | Kurz-zeichen | Einheit | Formel | Beispiel |
|---|---|---|---|---|
| **Gewindekennwerte** | | | | |
| Gewindenenn-durchmesser | $d_1$ | mm | | $d_1 = 16$ mm |
| Steigung | P | mm | | $P = 2$ mm |
| Vorbohr-durchmesser | $d_v$ | mm | | $d_v = 14$ mm |
| **Schnittwerte** | | | | |
| Schnitt-geschwindigkeit | $v_c$ | m/min | | $v_c = 10$ m/min |
| Drehzahl | n | $min^{-1}$ | | $n = 199\ min^{-1}$ |
| Vorschub-geschwindigkeit | $v_f$ | mm | $v_f = P \cdot n$ | $v_f = 2 \cdot 199 = 398$ mm/min |
| **Schnittkraft** | | | | |
| Spanungsdicke | h | mm | $h = P \cdot f$ [1)] | $h = 2 \cdot 0{,}046 = 0{,}092$ mm |
| spezifische Schnittkraft | $k_c$ | $N/mm^2$ | | $k_c = 3.860\ N/mm^2$ |
| Spanungs-querschnitt | A | $mm^2$ | $A = \frac{(d_1 - d_v)}{4} \cdot P$ | $A = \frac{(16 - 14)}{4} \cdot 2 = 1\ mm^2$ |
| Schnittkraft | $F_c$ | N | $F_c = k_c \cdot A$ | $F_c = 3.860 \cdot 1 = 3.860$ N |
| **Drehmoment** | | | | |
| Drehmoment (Näherungswert) | $M_d$ | Nm | $M_d = F_c \cdot \frac{d_1}{2.000}$ | $M_d = 3.860 \cdot \frac{16}{2.000} = 30{,}88$ Nm |
| **Leistung** | | | | |
| Schnittleistung | $P_c$ | kW | $P_c = M_d \cdot \frac{2\pi\, n}{60.000}$ | $P_c = 30{,}88 \cdot \frac{2\pi\ 199}{60.000} = 0{,}64$ kW |

[1)] Faktor f: Anschnittform A ≈ 0,029
Anschnittform B und D ≈ 0,046
Anschnittform C ≈ 0,086
Anschnittform E ≈ 0,029



# Gewindebohren

## 8.4.5 Richtwerte für Drehmomente beim Gewindeschneiden mit EMUGE-Trapez-Gewindebohrern

**Trapez-Einschnitt-Gewindebohrer 2-Stufenausführung**
für Mutterhöhen
bis max. 2,5 x $d_1$

| ø $d_1$ x P | $M_t$ [Nm] |
|---|---|
| Tr 8 x 1,5 | 5 |
| Tr 9 x 2 | 9 |
| Tr 10 x 2 | 13 |
| Tr 11 x 3 | 17 |
| Tr 12 x 3 | 18 |
| Tr 14 x 3 | 20 |
| Tr 16 x 4 | 40 |
| Tr 18 x 4 | 50 |
| Tr 20 x 4 | 60 |
| Tr 22 x 5 | 80 |
| Tr 24 x 5 | 90 |
| Tr 26 x 5 | 100 |
| Tr 28 x 5 | 110 |
| Tr 30 x 6 | 240 |
| Tr 32 x 6 | 250 |
| Tr 34 x 6 | 260 |
| Tr 36 x 6 | 270 |
| Tr 38 x 7 | 340 |
| Tr 40 x 7 | 360 |
| Tr 42 x 7 | 390 |
| Tr 44 x 7 | 410 |
| Tr 46 x 8 | 550 |
| Tr 48 x 8 | 570 |
| Tr 50 x 8 | 580 |
| Tr 52 x 8 | 600 |

**Trapez-Satz-Gewindebohrer Satz à 2**
für Mutterhöhen
bis ca. 3 x $d_1$

| ø $d_1$ x P | $M_t$ [Nm] max. pro Satz-GB |
|---|---|
| Tr 8 x 1,5 | 5 |
| Tr 9 x 2 | 9 |
| Tr 10 x 2 | 16 |
| Tr 11 x 3 | 21 |
| Tr 12 x 3 | 25 |
| Tr 14 x 3 | 28 |
| Tr 16 x 4 | 50 |
| Tr 18 x 4 | 60 |
| Tr 20 x 4 | 65 |
| Tr 22 x 5 | 100 |
| Tr 24 x 5 | 110 |
| Tr 26 x 5 | 125 |
| Tr 28 x 5 | 135 |
| Tr 30 x 6 | 200 |
| Tr 32 x 6 | 220 |
| Tr 34 x 6 | 235 |
| Tr 36 x 6 | 250 |
| Tr 38 x 7 | 320 |
| Tr 40 x 7 | 340 |
| Tr 42 x 7 | 360 |
| Tr 44 x 7 | 380 |
| Tr 46 x 8 | 500 |
| Tr 48 x 8 | 520 |
| Tr 50 x 8 | 540 |
| Tr 52 x 8 | 560 |

**Trapez-Satz-Gewindebohrer Satz à 3**
für Mutterhöhen
bis ca. 4 x $d_1$

| ø $d_1$ x P | $M_t$ [Nm] max. pro Satz-GB |
|---|---|
| Tr 8 x 1,5 | 4 |
| Tr 9 x 2 | 6 |
| Tr 10 x 2 | 10 |
| Tr 11 x 3 | 14 |
| Tr 12 x 3 | 16 |
| Tr 14 x 3 | 20 |
| Tr 16 x 4 | 32 |
| Tr 18 x 4 | 38 |
| Tr 20 x 4 | 42 |
| Tr 22 x 5 | 65 |
| Tr 24 x 5 | 70 |
| Tr 26 x 5 | 75 |
| Tr 28 x 5 | 80 |
| Tr 30 x 6 | 130 |
| Tr 32 x 6 | 140 |
| Tr 34 x 6 | 150 |
| Tr 36 x 6 | 160 |
| Tr 38 x 7 | 210 |
| Tr 40 x 7 | 240 |
| Tr 42 x 7 | 265 |
| Tr 44 x 7 | 290 |
| Tr 46 x 8 | 340 |
| Tr 48 x 8 | 350 |
| Tr 50 x 8 | 360 |
| Tr 52 x 8 | 370 |

Diese Werkzeuge sind für die Bearbeitung von Stahl (bis ca. 800 N/mm²), Bronze, Grauguss und Rotguss geeignet.

**Bei den angegebenen Drehmoment-Werten handelt es sich um Richtwerte für Werkzeuge im Neuzustand in Stahl mit ca. 600 - 700 N/mm² Festigkeit und einer Schnittgeschwindigkeit von $v_c$ = 4 - 6 m/min.**
Die Drehmoment- bzw. Leistungswerte beim Gewindeschneiden sind sehr stark beeinflussbar, z.B. durch Festigkeit, Gefüge und Legierungsbestandteile des zu bearbeitenden Werkstoffs; Abnutzungsgrad und Oberflächenrauigkeit der Werkzeugschneide; Schmiermittelqualität; Kernlochdurchmesser, usw.

Formel für die erforderliche **Maschinenantriebsleistung**:

$$P_M \approx \frac{W_s}{\eta} \cdot \frac{M_d \cdot 2 \cdot \pi \cdot n}{60.000} \text{ [kW]}$$

**hierbei ist:**

| | |
|---|---|
| Sicherheitsfaktor für die Werkzeugabstumpfung | $W_s$ = 1,5 bis 2 |
| Wirkungsgrad der Maschine | $\eta$ = 0,6 bis 0,8 |
| Schnitt-Moment | $M_d$ in Nm |
| Drehzahl | n in $min^{-1}$ |





## 8.4.6 Richtwerte für Drehmomente beim Gewindeschneiden mit EMUGE-NPT/NPTF-Gewindebohrern

| Gewinde-Nenn-ø D | P Gg./1" | Drehmoment in Nm bei zylindrischem Kernloch | Drehmoment in Nm bei konischem Kernloch |
|---|---|---|---|
| 1/16 | 27 | 8 | 9,3 |
| 1/8 | 27 | 13,5 | 16 |
| 1/4 | 18 | 33 | 45 |
| 3/8 | 18 | 43 | 47 |
| 1/2 | 14 | 84 | 93 |
| 3/4 | 14 | 109 | 120 |
| 1" | 11 1/2 | 165 | 200 |
| 1 1/4 | 11 1/2 | 325 | 340 |
| 1 1/2 | 11 1/2 | 335 | 350 |
| 2" | 11 1/2 | 415 | 500 |
| 2 1/2 | 8 | 1000 | 1290 |
| 3" | 8 | 1565 | 1770 |

Bei den angegebenen Werten handelt es sich um Richtwerte für neue Standard-Maschinengewindebohrer in Stahl mit ca. 600 N/mm² Festigkeit.
Die angegebenen Drehmomentwerte sind für max. Einschneidtiefen ausgelegt.
Die Angaben können sich durch verschiedene Faktoren zum Teil wesentlich verändern. So z.B. durch zu kleine Kernlochbohrungen, Veränderung der Einschneidtiefen, stumpfe Schneiden, Schneidengeometrie der Gewindebohrer, usw.
Die angegebenen Werte liegen in Mittel ca. 1/3 über dem effektiven Schnittmoment.

## 8.4.7 Programmieren der Gewindetiefe beim Schneiden von NPT/NPTF-Gewinden mit EMUGE-Gewindebohrern

Um die Gewindetiefe beim Gewindeschneiden richtig programmieren zu können, benötigt man folgende Werte:

$L_1$ = Länge der Messebene (Hand-Einschraubmaß), siehe **Kapitel 15.21**
$L_3$ = Anzugsmaße zur Kraftverschraubung (Innengewinde), siehe **Kapitel 15.21**
P = Steigung in mm, siehe **Kapitel 15.21**
$L_A$ = Anschnittlänge in mm

**Programmiertiefe für NPT = $L_1 + L_3 + 1P + L_A$**

**Programmiertiefe für NPTF = $L_1 + L_3 + 2P + L_A$**

| Gewinde-Nenn-ø D | P Gg./1" | $L_1 + L_3 + 1P$ (NPT) | $L_1 + L_3 + 2P$ (NPTF) | Steigung P | Programmiertiefe für NPT ($L_A$ mit Form C) | Programmiertiefe für NPTF ($L_A$ mit Form C) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1/16 | 27 | 7,83 | 8,77 | 0,941 | 9,7 | 10,65 |
| 1/8 | 27 | 7,87 | 8,81 | 0,941 | 9,75 | 10,7 |
| 1/4 | 18 | 11,43 | 12,84 | 1,411 | 14,25 | 15,65 |
| 3/8 | 18 | 11,74 | 13,15 | 1,411 | 14,55 | 16 |
| 1/2 | 14 | 15,38 | 17,2 | 1,814 | 19 | 20,85 |
| 3/4 | 14 | 15,87 | 17,68 | 1,814 | 19,5 | 21,3 |
| 1" | 11 1/2 | 19 | 21,21 | 2,209 | 23,4 | 25,6 |
| 1 1/4 | 11 1/2 | 19,5 | 21,71 | 2,209 | 23,9 | 26,15 |
| 1 1/2 | 11 1/2 | 19,5 | 21,71 | 2,209 | 23,9 | 26,15 |
| 2" | 11 1/2 | 19,91 | 22,12 | 2,209 | 24,35 | 26,55 |
| 2 1/2 | 8 | 26,85 | 33,2 | 3,175 | 33,2 | 39,55 |
| 3" | 8 | 28,98 | 35,33 | 3,175 | 35,35 | 41,7 |

Maße in mm

**Wichtiger Hinweis:** Die angegebenen Werte sind Richtwerte! Nach dem ersten geschnittenen Gewinde muss gelehrt werden, danach sind ggf. Korrekturwerte einzugeben. Ein Sicherheitsabstand ist noch nicht berücksichtigt. Vorarbeit des Kernlochs siehe Seite 264.





## 8.5 Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit

| Hauptgruppe / Untergruppe | | | Beispiel | Nr. | Zugfestigkeit Rm [N/mm²] Härte [HB/HRC/HV] |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | **Stahlwerkstoffe** | | | | |
| 1.1 | Kaltfließpressstähle, Magnetweicheisen | ≤ 400 N/mm² | Q-St37-3<br>R-Fe80 | 1.0123<br>1.1014 | |
| 1.2 | Automatenstähle, Allgemeine Baustähle | ≤ 600 N/mm² | 9SMnPb28<br>St37-2 | 1.0718<br>1.0037 | 500-700 N/mm²<br>340-470 N/mm² |
| 1.3 | Automatenstähle, Baustähle, Legierte Stähle, Stahlguss | ≤ 850 N/mm² | St70-2<br>GS-25CrMo4 | 1.0070<br>1.7218 | 700-900 N/mm²<br>650-950 N/mm² |
| 1.4 | Einsatzstähle, Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Kaltarbeitsstähle | ≤ 1100 N/mm² | 16MnCr5<br>Ck45<br>100Cr6 | 1.7131<br>1.1191<br>1.3505 | 500-700 N/mm²<br>600-800 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 1.5 | Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Warmarbeitsstähl, Gehärtete Stähle ≤ 44 HRC, Kaltarbeitsstähle | ≤ 1400 N/mm² | 42CrMo4V<br>X30WCrV5-3<br>X38CrMoV5-3<br>X155CrVMo12-1 | 1.7225<br>1.2567<br>1.2367<br>1.2379 | 1200-1400 N/mm²<br>1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm² |
| 1.6 | Gehärtete Stähle | > 44 - 55 HRC | 55NiCrMoV6 | 1.2713 | 47-52 HRC |
| 1.7 | Gehärtete Stähle | > 55 - 60 HRC | 45WCrV7 | 1.2542 | 56-57 HRC |
| 1.8 | Gehärtete Stähle | > 60 - 63 HRC | X155CrVMo12-1 | 1.2379 | 60-63 HRC |
| 1.9 | Gehärtete Stähle | > 63 - 66 HRC | X210CrW12 | 1.2436 | 63-64 HRC |
| 1.10 | Rostbeständige Stähle, Säurebeständige Stähle, Hitzebeständige Stähle | ≤ 850 N/mm² | X10NiCrAlTi32-20 [INCOLOY800]<br>X12CrNiTi18-9<br>X6CrNiMoTi17-12-2 | 1.4876<br>1.4878<br>1.4571 | 610-850 N/mm²<br>500-700 N/mm²<br>500-730 N/mm² |
| 1.11 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1100 N/mm² | X45SiCr4 | 1.4704 | 900-1100 N/mm² |
| 1.12 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1400 N/mm² | X5NiCrTi26-15 | 1.4980 | 1200 N/mm² |
| 1.13 | Stahl-Sonderwerkstoffe | | FerroTiC<br>Hardox500 | | 800-900 N/mm²<br>1300-1400 N/mm² |
| **2** | **Gusswerkstoffe** | | | | |
| 2.1 | Gusseisen | | GG 20<br>GG 30 | 0.6020<br>0.6030 | 120-220 HB<br>220-270 HB |
| 2.2 | Gusseisen mit Kugelgraphit | | GGG 40<br>GGG 70 | 0.7040<br>0.7070 | 400 N/mm²<br>700-1050 N/mm² |
| 2.3 | Gusseisen mit Vermikulargraphit | | GGV(80%Perlit)<br>GGV(100%Perlit) | | 220 HB<br>230 HB |
| 2.4 | Temperguss | | GTW 40<br>GTS 65 | 0.8040<br>0.8165 | 360-420 N/mm²<br>580-650 N/mm² |
| 2.5 | Hartguss | ≤ 400 HB | | | -400 HB |
| **3** | **Kupfer, Kupferlegierungen, Bronze, Messing** | | | | |
| 3.1 | Reinkupfer und niedrigleg. Kupfer | ≤ 500 N/mm² | E-Cu | 2.0060 | 250-350 N/mm² |
| 3.2 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) | | CuZn40 [Ms60]<br>CuZn37 [Ms63] | 2.0360<br>2.0321 | 340-490 N/mm²<br>310-550 N/mm² |
| 3.3 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) | | CuZn39Pb2 [Ms58] | 2.0380 | 380-500 N/mm² |
| 3.4 | Kupfer-Alu-Legierungen (Alubronze langspanend)<br>Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze langspanend) | | CuAl10Ni | 2.0966 | 500-800 N/mm² |
| 3.5 | Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze kurzspanend) | | GCuSn5ZnPb [Rg5]<br>GCuSn7ZnPb [Rg7] | 2.1096<br>2.1090 | 150-300 N/mm²<br>150-300 N/mm² |
| 3.6 | Kupfer-Sonderlegierungen bis Q18 | | Ampco16 | | 630 N/mm² |
| 3.7 | Kupfer-Sonderlegierungen über Q18 | | Ampco20 | | 600 N/mm² |
| **4** | **Nickel-/Kobalt-Legierungen** | | | | |
| 4.1 | Nickel-/Kobalt-Leg. warmfest | ≤ 850 N/mm² | NiCu30Fe [MONEL400] | 2.4360 | 420-610 N/mm² |
| 4.2 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest | 850-1400 N/mm² | NiCr19NbMo [INCONEL718] | 2.4668 | 850-1190 N/mm² |
| 4.3 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest | >1400 N/mm² | Haynes 25 (L605) | | 1550-2000 N/mm² |
| **5** | **Aluminiumlegierungen** | | | | |
| 5.1 | Alu-Knetlegierungen | | Al 99,5 [F13]<br>AlCuMg1 [F39] | 3.0255<br>3.1325 | 100-250 N/mm²<br>300-500 N/mm² |
| 5.2 | Alu-Gusslegierungen Si ≤ 5% | | G-AlMg3 | 3.3541 | 130-190 N/mm² |
| 5.3 | Alu-Gusslegierungen 5% < Si ≤ 12% | | GD-AlSi9Cu3<br>GD-AlSi12 | 3.2163<br>3.2582 | 240-310 N/mm²<br>220-300 N/mm² |
| 5.4 | Alu-Gusslegierungen 12% < Si | | G-AlSi17Cu4 | | 180-250 N/mm² |
| **6** | **Magnesiumlegierungen** | | | | |
| 6.1 | Magnesium-Knetlegierungen | | MgAl6 | 3.5662 | 300-500 N/mm² |
| 6.2 | Magnesium-Gusslegierungen | | GMgAl9Zn1 | 3.5912 | 300-500 N/mm² |
| **7** | **Titan, Titanlegierungen** | | | | |
| 7.1 | Reintitan, Titanlegierungen | ≤ 900 N/mm² | Ti3 [Ti99.4]<br>TiAl6V4 | 3.7055<br>3.7164 | 700 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 7.2 | Titanlegierungen | 900-1250 N/mm² | TiAl4Mo4Sn2 | 3.7185 | 900-1250 N/mm² |
| **8** | **Kunststoffe** | | | | |
| 8.1 | Duroplaste (kurzspanend) | | BAKELIT | | 110 N/mm² |
| 8.2 | Thermoplaste (langspanend) | | HOSTALEN | | 80 N/mm² |
| 8.3 | Faserverstärkte Kunststoffe | | CFK / GFK / AFK | | 800-1500 N/mm² |
| **9** | **Werkstoffe für bes. Anwendungen** | | | | |
| 9.1 | Graphit | | C-8000 | | 60 N/mm² |
| 9.2 | Wolfram-Kupfer-Legierungen | | W-Cu 80/20 | | 230-250 HV |



| Schnittgeschwindigkeit $v_c$ [m/min] | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| HSS-E | | | | | VHM/KHM | Gewinde-bohrer Tr, Rd, kegel. |
| Blank-/ mit Oberflächen-behandlung | mit Hartstoff-Schicht | Typ „S“ | Typ „SYNCHRO“ | Typ „ÖKO“ | | |
| | | | | | | |
| 5 - 25 | 15 - 45 | 40 - 100 | 15 - 45 | 5 - 25 | — | 2 - 8 |
| 5 - 25 | 15 - 45 | 40 - 80 | 15 - 45 | 5 - 25 | — | 2 - 8 |
| 5 - 20 | 15 - 45 | 30 - 60 | 15 - 45 | 5 - 20 | — | 2 - 6 |
| 2 - 10 | 5 - 25 | 20 - 40 | 5 - 25 | 2 - 10 | — | 1 - 5 |
| 1 - 5 | 2 - 10 | — | 2 - 10 | — | 5 - 10 | 1 - 5 |
| — | 1 - 5 | — | — | — | 1 - 5 | — |
| — | — | — | — | — | 1 - 3 | — |
| — | — | — | — | — | 1 - 2 | — |
| — | — | — | — | — | — | — |
| 2 - 10 | 5 - 20 | 10 - 25 | 5 - 20 | 2 - 10 | — | 1 - 5 |
| 1 - 8 | 5 - 15 | 10 - 20 | 5 - 15 | 1 - 8 | — | 1 - 5 |
| 1 - 5 | 5 - 10 | — | 5 - 10 | — | — | 1 - 5 |
| 1 - 5 | 1 - 5 | — | — | — | — | — |
| | | | | | | |
| 10 - 20 | 10 - 30 | 20 - 60 | — | 5 - 20 | 20 - 80 | 2 - 10 |
| 5 - 20 | 10 - 25 | 20 - 40 | 10 - 25 | 5 - 20 | 20 - 60 | 2 - 8 |
| 5 - 15 | 10 - 25 | 20 - 40 | 10 - 25 | 5 - 20 | 20 - 60 | 2 - 10 |
| 10 - 20 | 10 - 30 | 20 - 40 | 10 - 30 | 5 - 20 | 20 - 60 | 2 - 10 |
| — | 1 - 5 | — | — | — | 5 - 10 | — |
| | | | | | | |
| 5 - 20 | 5 - 30 | 20 - 40 | 5 - 30 | — | — | 2 - 8 |
| 10 - 40 | 20 - 60 | 40 - 100 | 20 - 60 | 10 - 40 | — | 2 - 8 |
| 10 - 40 | — | 40 - 100 | — | 10 - 40 | 40 - 100 | 2 - 10 |
| 2 - 10 | 5 - 25 | — | 5 - 25 | — | — | 1 - 5 |
| 5 - 20 | 18 - 30 | 30 - 60 | — | 5 - 20 | 20 - 100 | 1 - 5 |
| 1 - 5 | 2 - 10 | — | — | — | 2 - 10 | — |
| — | 1 - 5 | — | — | — | 2 - 10 | — |
| | | | | | | |
| 2 - 10 | 5 - 20 | — | — | — | — | — |
| 1 - 5 | 1 - 5 | — | — | — | — | — |
| — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | |
| 10 - 20 | 15 - 40 | 20 - 80 | — | — | — | — |
| 10 - 20 | 15 - 40 | 20 - 60 | 15 - 40 | — | 15 - 40 | — |
| 10 - 20 | 15 - 40 | 20 - 60 | 15 - 40 | — | 15 - 40 | — |
| 5 - 15 | 10 - 30 | 20 - 40 | 10 - 30 | — | 15 - 40 | — |
| | | | | | | |
| — | 20 - 100 | — | — | — | — | — |
| — | 20 - 100 | — | — | — | — | — |
| | | | | | | |
| 1 - 8 | 5 - 15 | — | — | — | — | — |
| 1 - 5 | 5 - 10 | — | — | — | — | — |
| | | | | | | |
| 5 - 25 | 15 - 45 | — | — | — | 40 - 100 | 2 - 10 |
| — | — | — | — | — | — | — |
| — | — | — | — | — | 5 - 30 | — |
| | | | | | | |
| 10 - 20 | — | — | — | — | 20 - 80 | — |
| — | — | — | — | — | 1 - 5 | — |

➤ *siehe auch:*





# Gewindebohren

**Bitte beachten:**

- Die Auswahl der Geschwindigkeit in den angegebenen Geschwindigkeitsbereichen hängt hauptsächlich von den Randbedingungen Material, Gewindesystem, Bohrungsausführung/-tiefe, Oberflächenbehandlung/Beschichtung, Kühlschmierstoff und Werkzeugmaschine ab.
- Je geringer der Anteil von Legierungsbestandteilen und je geringer die Materialfestigkeit, desto höher die mögliche Schnittgeschwindigkeit. Dies gilt auch umgekehrt.
- Bei Verwendung magerer Emulsionen ohne EP-Zusätze und schlechtem Netzwerk des Kühlschmierstoffes sind Schnittgeschwindigkeiten im unteren Bereich anzusetzen.
- Beim Gewindefurchen ist auf Grund der hohen Umformkräfte auf gute Schmierung zu achten. Da die Schmierfähigkeit des Kühlschmierstoffes nicht immer bekannt ist, wird in solchen Fällen der untere Geschwindigkeitswert empfohlen.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **obere Schnittgeschwindigkeitsgrenze** | gute Schmierung | Materialfestigkeit niedrig | Legierungsanteil niedrig | Gewindetiefe ≤ 1,5 x D | kleine Steigung | kleiner Gewindedurchmesser | stabile Werkstückspannung | Synchronspindel, Leitpatrone, CNC-Steuerung |
| **steigende Schnittgeschwindigkeit** ↑ | | | | | | | | |
| **fallende Schnittgeschwindigkeit** ↓ | | | | | | | | |
| **untere Schnittgeschwindigkeitsgrenze** | schlechte Schmierung | Materialfestigkeit hoch | Legierungsanteil hoch | Gewindetiefe ≥ 1,5 x D | große Steigung | großer Gewindedurchmesser | labile Werkstückspannung | freier Schnitt, ungenaue Steigungsführung, Antrieb durch Hydraulik/Luft |
| | größer ← | | | | Einfluss | | → | kleiner |

## 8.6 Hinweise zur Geometrie von Gewindebohrern

### 8.6.1 Anschnittformen nach DIN

**Maschinengewindebohrer**

| Anschnittform | Anzahl der Gänge im Anschnitt | Einstellwinkel $\chi_r \approx$ | Ausführung der Spannuten | Anwendung vorwiegend für |
|---|---|---|---|---|
| A | 6 bis 8 | 5° | gerade Nuten | kurze Durchgangsbohrungen |
| B | 3,5 bis 5,5 | 8° | gerade Nuten mit Schälanschnitt | Durchgangsbohrungen in mittel- bzw. langspanenden Werkstoffen |
| C | 2 bis 3 | 15° | gerade Nuten oder Drallnuten | Grundlöcher allgemein, sowie für Durchgangsbohrungen in kurzspanenden Werkstoffen |
| D | 3,5 bis 5 | 8° | | Grundlöcher mit langem Gewindeauslauf und Durchgangsbohrungen |
| E *) | 1,5 bis 2 | 23° | | Grundlöcher mit sehr kurzem Gewindeauslauf |

*) Anschnittform E möglichst vermeiden! Sonderanschnitte > 1 Gang bis 1,5 Gang werden als „Form F“ bezeichnet. Bei solch extrem kurzen Anschnitten besteht die Möglichkeit einer Minderleistung.

**Satzgewindebohrer (Handgewindebohrer)**

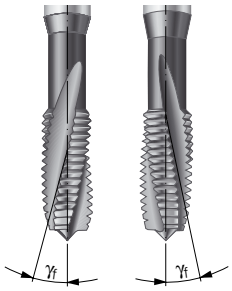
| Anschnittform | Anzahl der Gänge im Anschnitt Regelgewinde | Feingewinde | Einstellwinkel $\chi_r \approx$ | Ausführung der Spannuten |
|---|---|---|---|---|
| C | Fertigschneider 2 - 3 | Fertigschneider 2 - 3 | 15° | gerade Nuten |
| D | Mittelschneider 3,5 - 5 | Vorschneider 3,5 - 5**) | 7° | |
| A | Vorschneider 6 - 8 | —— | 3° | |

**) Vorschneider von Feingewinden erhalten oft nur 2-3 Gänge, da dies zur Zerspanung ausreicht.

## 8.6.2 Drall

**Drallwinkel (Seiten-Spanwinkel)**

Bei der Wahl der Größe und Richtung des Drallwinkels (Seiten-Spanwinkel) sind die Bohrungsart, der zu bearbeitende Werkstoff und die Gewinderichtung (rechts oder links) zu berücksichtigen. Nachstehende Tabelle gilt nur für Rechtsgewinde.




**Rechts-drall** **Links-drall**

| Drall-Kurzzeichen | Drallwinkel (Seitenspanwinkel) Mittelwert | min. | max. | Drall-richtung | Anwendung bei Anschnittform |
|---|---|---|---|---|---|
| L15 | - 15° | - 10° | - 20° | Linksdrall | D |
| R15 | + 15° | + 10° | + 20° | Rechts-drall | C, E |
| R25*) | + 25° | + 20° | + 30° | | |
| R35 | + 35° | + 30 ° | + 40° | | |
| R45**) | + 45° | + 40° | + 50° | | |

*) nur für Sonderfälle
**) Anstelle von Drall R45 wird heute auch R50 angewendet (Drallwinkel 55° max.)

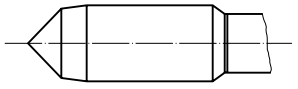
Bei gegebenem Nenndurchmesser $d_1$ und Drallsteigung $P_1$ ergibt sich der Drallwinkel $\gamma_1$ aus der Formel:

$$\gamma_1 = \arctan \frac{\pi \cdot d_1}{P_1}$$ (siehe **Kapitel 1.7**)

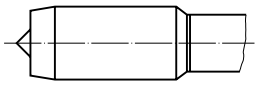
**Drallsteigung**

Die Drallsteigung muss der Normzahlreihe DIN 323-R20 entsprechen. Diese Vereinheitlichung dient der Verbesserung der Austauschbarkeit und der rationellen Nutzung von Betriebsmitteln.

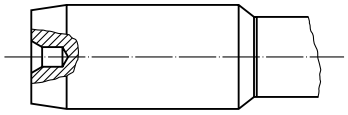
## 8.6.3 Zentrierung



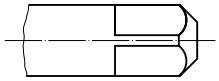
**Vollspitze am Schneidteil und Schaft**



**Abgesetzte Spitze**



**Zentrierbohrung am Schneidteil und Schaft**



**Zentrierung auf der Fase des Vierkants**

Die in der Regel angewandten Zentrierungsarten sind abhängig vom Gewindedurchmesser und von der Anschnittform wie in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

| Gewindedurchmesser [mm] über | bis | Zentrierung am Schneidteil mit Anschnitt-Form A, C, D, E | B | Zentrierung am Schaftteil |
|---|---|---|---|---|
| — | 4,2 | Vollspitze | Vollspitze | Vollspitze oder Fasenzentrierung oder Zentrierbohrung |
| 4,2 | 5,6 | Vollspitze oder abgesetzte Spitze | | |
| 5,6 | 7 | Vollspitze oder abgesetzte Spitze oder Zentrierbohrung*) | Vollspitze oder abgesetzte Spitze oder Zentrierbohrung*) | |
| 7 | 10 | | | |
| 10 | 12,7 | abgesetzte Spitze oder Zentrierbohrung*) | | |
| 12,7 | — | Zentrierbohrung | Zentrierbohrung | Zentrierbohrung |

*) Zentrierbohrungen am Schneidteil bis 12 mm Gewindedurchmesser vermeiden (geschwächter Querschnitt)



# Gewindebohren

## 8.6.4 Werkstoff und Härte

**Schneidteil**
Sorte des Schnellarbeitsstahls entsprechend nachstehender Tabelle nach Erfahrung des Herstellers oder nach Vereinbarung:

| Legierungsgruppe nach ISO 11054 | Merkmale | Schnellarbeitsstahl-Sorte nach ISO 4957 (Beispiele) | Anwendung |
|---|---|---|---|
| HSS | Kobalt < 4,5 % und Vanadium < 2,6 % | S1 bis S4 | für normale Beanspruchung |
| HSS-E | Kobalt ≥ 4,5 % und Vanadium ≥ 2,6 % | S5 bis S8 | für hohe Beanspruchung |

**Härte am Schneidteil**
**bei Maschinen- und Muttergewindebohrern:**
bis $d_1$ = 3 mm mindestens 61 HRC oder 750 HV5,
von $d_1$ über 3 bis 6 mm mindestens 62 HRC oder 780 HV10,
von $d_1$ über 6 mm mindestens 63 HRC oder 820 HV30

**bei Satzgewindebohrern:**
mindestens 61 HRC oder
750 HV10 – für alle Durchmesser

**Schaft**
Bei Ausführung ganz aus Schnellarbeitsstahl: mindestens 45 HRC oder 450 HV30.
Bei angeschweißtem Schaft: Stahl von mindestens 700 N/mm² Zugfestigkeit oder mindestens 190 HV30.

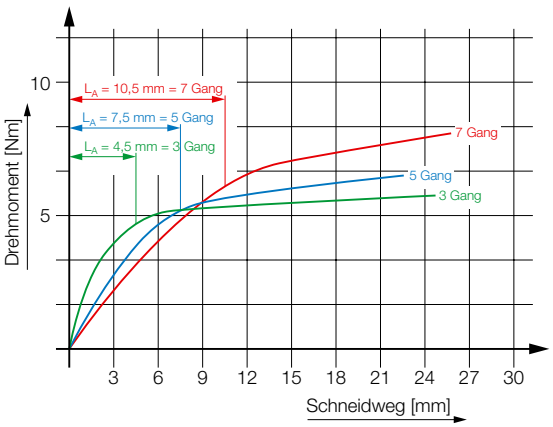
**Ergänzende Hinweise zu Werkstoff und Härte:**
EMUGE-Gewindeschneidwerkzeuge werden, je nach Verwendungszweck, nur aus erprobten Hochleistungsschnellarbeitsstählen hergestellt, wobei auch Sonderlegierungen zur Anwendung kommen. Alle diese Stähle unterliegen einer sorgfältigen Kontrolle in unserem Werkstoff-Labor, um durch gleichbleibende Qualität und Härte höchste Leistungen zu gewährleisten.
Zur Bearbeitung von bestimmten Werkstoffen werden Gewindeschneidwerkzeuge mit einer besonderen Oberflächenbehandlung versehen, um die Standzeit zu verbessern.

## 8.6.5 Besondere Oberflächenbehandlung

Zur Erhöhung der Standzeit und zur Verringerung des Gleitwiderstands und der Aufschweißneigung werden EMUGE-Schneidwerkzeuge oberflächenbehandelt (siehe **Kapitel 8.2.1.3** und **Kapitel 5**).

## 8.6.6 Ergänzende Hinweise zu den Anschnittformen

Die Wahl der richtigen Anschnittlänge für den jeweiligen Schneidfall ist die Grundlage für die Leistung der Gewindebohrer und ein wichtiger Faktor für wirtschaftliches Gewindeschneiden.
Anschnittlänge und Kernlochtiefe haben, wie natürlich noch weitere Prozessparameter, einen Einfluss auf das Schnittdrehmoment des Gewindebohrers. Es hat sich gezeigt, dass größere Anschnittlängen für tiefe Gewindelöcher ungünstig sind, während bei kürzeren Anschnittlängen die Lochtiefe eine relativ geringe Rolle spielt. Der Grund für diese Beobachtungen dürfte darin gesehen werden, dass z.B. der Gewindebohrer mit 3 Gang Anschnitt zwar die höhere spezifische Spanbelastung pro Anschnittzahn, aber infolge eines günstigen Spanablaufs das niedrigere Schnittdrehmoment hat.
Wird der Anschnitt auf beispielsweise 5 oder 7 Gang verlängert, so steigt das Schnittdrehmoment an. Der



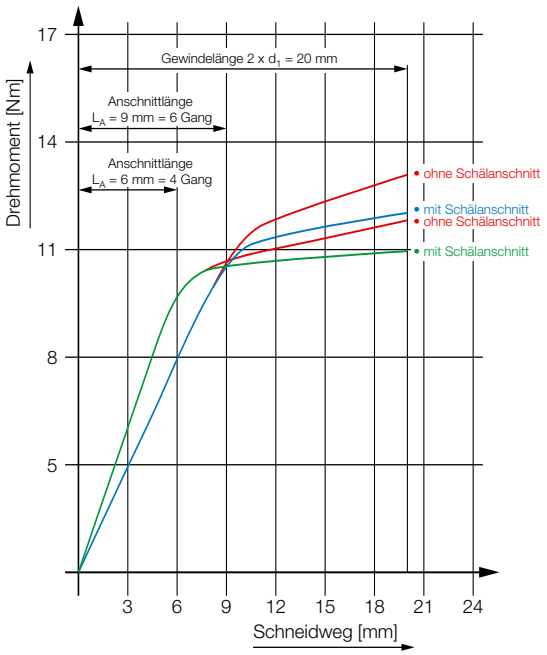

**Abhängigkeit des Drehmoments vom Schneidweg bei verschiedenen Anschnittlängen $L_A$.
Gewindebohrer Rekord 1D, M10
Material: C45 (1.0503)**

lange Anschnitt hat zwar den Vorteil geringer spezifischer Spanquerschnitte pro Schneide, der Nachteil ist bei größeren Gewindetiefen aber das in geringerer Schüttdichte anfallende Spanmaterial.
Diese dünnen Späne stauen sich leicht in den Spannuten und rufen dadurch an der Werkstückgewindeoberfläche Reibkräfte hervor. Die beschriebene Spanreibung am Werkstück bewirkt ein höheres Schnittdrehmoment und oftmals auch schlechte Gewindeoberflächen. Veranschaulicht wird der Zusammenhang von Anschnittlänge des Gewindebohrers und der Einschneidtiefe.

Anschnittlängen über 6 Gänge eignen sich in der Regel nur für kurze Durchgangsbohrungen bis ca.1 x $d_1$ (z.B. Bleche, Blechdurchzüge, Muttern).
Für längere Durchgangsbohrungen in mittel- und langspanenden Werkstoffen insbesondere in unlegierten und legierten Stählen, sind Anschnittlängen von 4 bis 5 Gängen zu empfehlen. Ein Ansteigen des Schnittmomentes infolge Spanstauungen in den Spannuten wird durch einen Schälanschnitt vermieden. Gewindebohrer mit Schälanschnitt bringen gute Standlängen bei geringem Schnittmoment.

Nebenstehendes Bild zeigt den Einfluss des Schälanschnittes auf das Drehmoment. Bei Gewindebohrern ohne Schälanschnitt wirken sich ungünstiger Spanabfluss und Spanverklemmung als Erhöhung des Drehmoments aus.

Für Gewindebohrungen in kurzspanenden Werkstoffen wie GG, Ms, GAl und GDAl haben sich Anschnittlängen von 2 bis 3 Gängen bewährt. Bei längeren Anschnitten kommt der Gewindebohrer infolge geringer spezifischer Spanquerschnitte nicht sauber zum „Schneiden“. Es kommt zum Aufreiben und Verschneiden der Gewinde sowie zu unbefriedigenden Standlängen.
Bei Grundlöchern werden in der Regel Anschnittlängen von 2 bis 3 Gängen oder weniger angewandt. Anschnitte mit nur 2 Gängen oder weniger führen meist zu keinen zufriedenstellenden Standwegen. Bedingt durch die großen spezifischen Spanquerschnitte kommt es zu rascher Abstumpfung im Anschnittbereich oder zum Ausbruch der Anschnittzähne. Bei Grundbohrungen ist die Gewinde-Kernbohrung immer ausreichend tiefer zu bohren, damit auch ein Teil der Späne vom Gewindeschneiden aufgenommen werden kann. Standwegverbesserungen bringen Anschnitte von 3,5 bis 4,5 Gängen bei Werkstoffen von mittlerer und höherer Festigkeit, wenn die Gewinde-Kernbohrung ausreichend tief gebohrt wird.
Die Gewindebohrungen sind gemäß DIN 76-1 zu gestalten (siehe **Kapitel 8.4.3**).



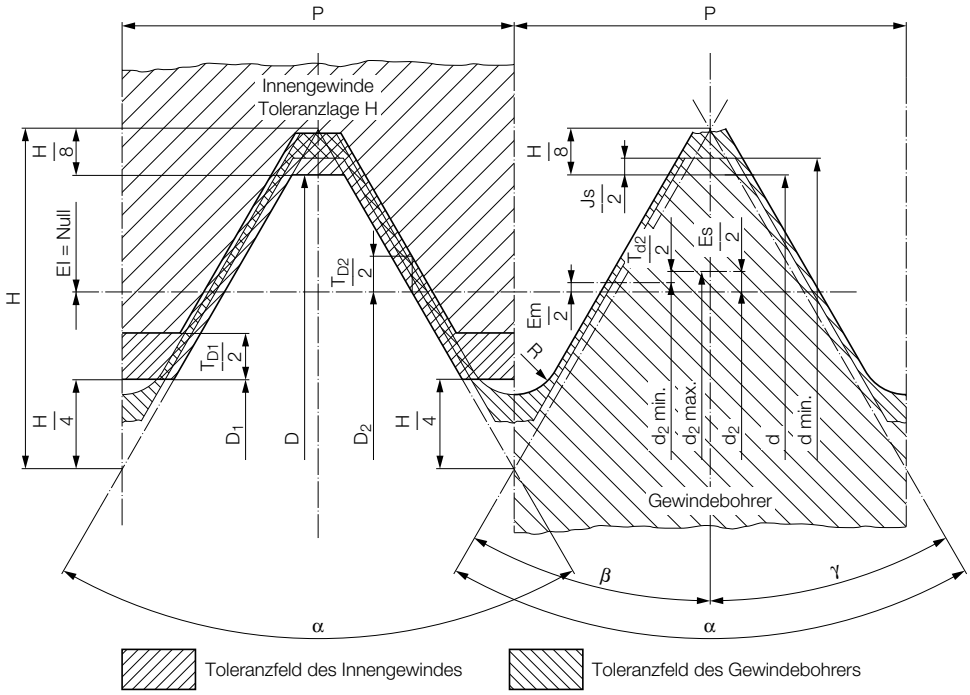

**Einfluss des Schälanschnittes auf das Drehmoment bei Lochtiefe 2 x $d_1$ = 20 mm. Gewindebohrer Rekord 1B-VA, M10 Material: CrNi-Stahl**





## 8.6.7 Toleranzen des Gewindeteils von Gewindebohrern für Metrisches ISO-Gewinde, Auszug aus DIN EN 22857, DIN 802-1 und DIN 802-4 (ungültig)

**Einschnitt-Gewindebohrer und Fertigschneider**




| Innengewinde | |
|---|---|
| EI | Grundabmaß |
| D | Nenn-Außendurchmesser |
| $D_1$ | Nenn-Kerndurchmesser |
| $D_2$ | Nenn-Flankendurchmesser |
| H | Höhe des spitz ausgezogenen Gewindeprofils |
| P | Gewindesteigung |
| $T_{D_1}$ | Toleranz des Kerndurchmessers |
| $T_{D_2}$ | Toleranz des Flankendurchmessers |

| Gewindebohrer | |
|---|---|
| d | Nenn-Außendurchmesser (d = D) |
| d min. | Kleinster Außendurchmesser |
| $d_2$ | Nenn-Flankendurchmesser ($d_2 = D_2$) |
| $d_2$ max. | Größt-Flankendurchmesser |
| $d_2$ min. | Kleinst-Flankendurchmesser |
| Em | Unteres Abmaß des Flankendurchmessers |
| Es | Oberes Abmaß des Flankendurchmessers |
| Js | Unteres Abmaß des Außendurchmessers |
| P | Gewindesteigung |
| t | = $T_{D_2}$ Toleranzklasse 5 des Innengewindes (Toleranzeinheit) |
| $T_{d_2}$ | Toleranz des Flankendurchmessers |
| $T_{\beta,\gamma}$ | Toleranz des Gewindeflankenwinkels |
| α | Gewindeprofilwinkel = 60° |
| β, γ | Gewindeflankenwinkel = 30° |

**Berechnungsbeispiel für Gewindebohrer M10-6H**
**d = 10; $d_2$ = 9,026; P = 1,5**

Kleinster Außendurchmesser[1]):

$d_{min.}$ = d + Js
= 10 + 0,070
= 10,070

(größter Außendurchmesser nicht genormt)

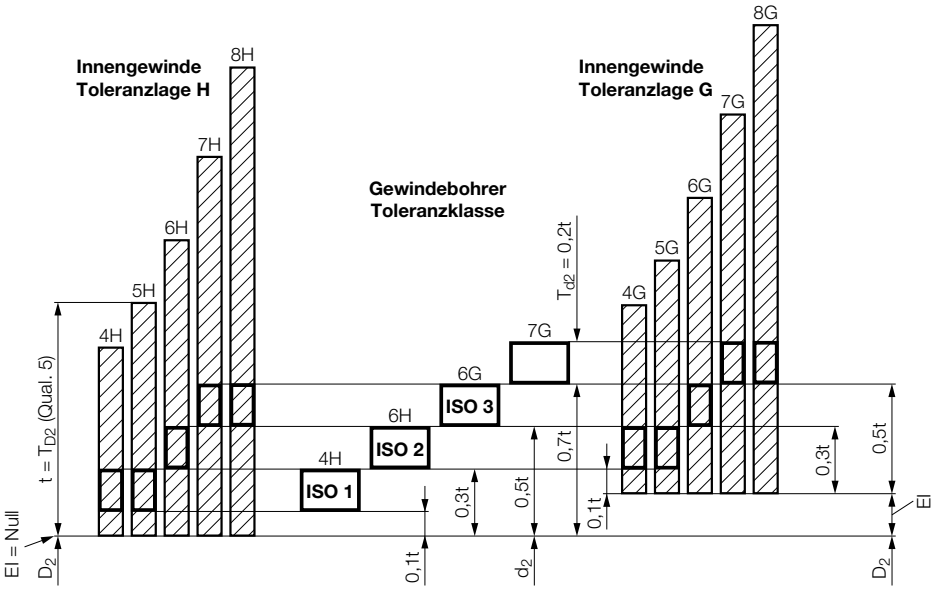
Kleinst-Flankendurchmesser:

$d_{2\,min.}$ = $d_2$ + Em
= 9,026 + 0,042
= 9,068

Größt-Flankendurchmesser:

$d_{2\,max.}$ = $d_2$ + Es
= 9,026 + 0,070
= 9,096

[1]) Die Gewindebohrer-Außendurchmesser-Berechnung entspricht DIN 802-1 (ungültige Norm).




**Empfohlene Anwendung der Gewindebohrer:**

| Anwendungsklasse des Gewindebohrers Bezeichnung nach | | Toleranzklasse des zu schneidenden Innengewindes | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| DIN | ISO | | | | | |
| 4H | ISO 1 | 4H | 5H | — | — | — |
| 6H | ISO 2 | 4G | 5G | 6H | — | — |
| 6G | ISO 3 | — | (4E) | 6G | 7H | 8H |
| 7G | — | — | — | (6E) | 7G | 8G |

EMUGE fertigt handelsübliche Gewindebohrer für die empfohlene Toleranzzuordnung nach den Abmaßen der DIN EN 22857. Für spezielle Bearbeitungsfälle, z.B. abrasive Gusswerkstoffe oder Kunststoffe, sind andere Abmaße zu wählen, welche auf Grund von Erfahrungswerten festgelegt werden. In solchen Fällen erhält das Kurzzeichen der Toleranzklasse den Buchstaben „X“, z.B. 6HX oder 6GX, wobei die Zuordnung zu den Toleranzfeldern des Innengewindes eingeschränkt sein kann (6HX für Toleranzfeld 6H und 5G). Weiter ist zu beachten, dass die Maße des geschnittenen Innengewindes nicht nur von den Maßen des Gewindebohrers abhängig sind, sondern vom zu schneidenden Werkstoff und den gesamten Fertigungsbedingungen. Für Vor- und Mittelschneider sind keine Gewindemaße festgelegt.
Bei handelsüblichen Gewindebohrern sind die DIN- und ISO-Toleranzklassen beschriftet, z.B. M10-ISO2/6H.



# Gewindebohren

**Grenzabweichungen für den Flankendurchmesser und den Außendurchmesser des Gewindebohrers für Metrisches ISO-Gewinde**

| Gewinde-Nenn-Außendurchmesser D [mm] | | Gewinde-steigung P | Oberes Abmaß Es und unteres Abmaß Em des Flankendurchmessers und unteres Abmaß Js des Außendurchmessers (Js ≙ Es) bei Toleranzklasse des Gewindebohrers [µm] | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ISO1/4H | | ISO2/6H | | ISO3/6G | | 7G | |
| über | bis | [mm] | Es Js | Em | Es Js | Em | Es Js | Em | Es Js | Em |
| 0,99 | 1,4 | 0,2 | +15 | + 5 | + 25 | +15 | — | — | — | — |
| | | 0,25 | +17 | + 6 | + 28 | +17 | — | — | — | — |
| | | 0,3 | +18 | + 6 | + 30 | +18 | — | — | — | — |
| 1,4 | 2,8 | 0,2 | +16 | + 5 | + 26 | +16 | — | — | — | — |
| | | 0,25 | +18 | + 6 | + 30 | +18 | — | — | — | — |
| | | 0,35 | +20 | + 7 | + 34 | +20 | — | — | — | — |
| | | 0,4 | +21 | + 7 | + 36 | +21 | + 49 | + 35 | — | — |
| | | 0,45 | +23 | + 8 | + 38 | +23 | + 53 | + 38 | — | — |
| 2,8 | 5,6 | 0,35 | +21 | + 7 | + 36 | +21 | — | — | — | — |
| | | 0,5 | +24 | + 8 | + 40 | +24 | + 56 | + 40 | + 72 | + 56 |
| | | 0,6 | +27 | + 9 | + 45 | +27 | + 63 | + 45 | + 81 | + 63 |
| | | 0,7 | +29 | +10 | + 48 | +29 | + 67 | + 48 | + 86 | + 67 |
| | | 0,75 | | | | | | | | |
| | | 0,8 | +30 | +10 | + 50 | +30 | + 70 | + 50 | + 90 | + 70 |
| 5,6 | 11,2 | 0,5 | +27 | + 9 | + 45 | +27 | + 63 | + 45 | + 81 | + 63 |
| | | 0,75 | +32 | +11 | + 53 | +32 | + 74 | + 53 | + 95 | + 74 |
| | | 1 | +35 | +12 | + 59 | +35 | + 83 | + 59 | +107 | + 83 |
| | | 1,25 | +38 | +13 | + 63 | +38 | + 88 | + 63 | +113 | + 88 |
| | | 1,5 | +42 | +14 | + 70 | +42 | + 98 | + 70 | +126 | + 98 |
| 11,2 | 22,4 | 0,5 | +29 | +10 | + 48 | +29 | + 67 | + 48 | + 86 | + 67 |
| | | 0,75 | +34 | +12 | + 56 | +34 | + 78 | + 56 | +100 | + 78 |
| | | 1 | +38 | +13 | + 63 | +38 | + 88 | + 63 | +113 | + 88 |
| | | 1,25 | +42 | +14 | + 70 | +42 | + 98 | + 70 | +126 | + 98 |
| | | 1,5 | +45 | +15 | + 75 | +45 | +105 | + 75 | +135 | +105 |
| | | 1,75 | +48 | +16 | + 80 | +48 | +112 | + 80 | +144 | +112 |
| | | 2 | +51 | +17 | + 85 | +51 | +119 | + 85 | +153 | +119 |
| | | 2,5 | +54 | +18 | + 90 | +54 | +126 | + 90 | +162 | +126 |
| 22,4 | 45 | 0,5 | +30 | +10 | + 50 | +30 | + 70 | + 50 | + 90 | + 70 |
| | | 0,75 | +36 | +12 | + 60 | +36 | + 84 | + 60 | +108 | + 84 |
| | | 1 | +40 | +13 | + 66 | +40 | + 92 | + 66 | +118 | + 92 |
| | | 1,5 | +48 | +16 | + 80 | +48 | +112 | + 80 | +144 | +112 |
| | | 2 | +54 | +18 | + 90 | +54 | +126 | + 90 | +162 | +126 |
| | | 3 | +64 | +21 | +106 | +64 | +148 | +106 | +190 | +148 |
| | | 3,5 | +67 | +22 | +112 | +67 | +157 | +112 | +202 | +157 |
| | | 4 | +71 | +24 | +118 | +71 | +165 | +118 | +212 | +165 |
| | | 4,5 | +75 | +25 | +125 | +75 | +175 | +125 | +225 | +175 |
| 45 | 90 | 0,5 | +34 | +12 | + 56 | +34 | + 78 | + 56 | +100 | + 78 |
| | | 0,75 | +38 | +13 | + 63 | +38 | + 88 | + 63 | +113 | + 88 |
| | | 1 | +45 | +15 | + 75 | +45 | +105 | + 75 | +135 | +105 |
| | | 1,5 | +51 | +17 | + 85 | +51 | +119 | + 85 | +153 | +119 |
| | | 2 | +57 | +19 | + 95 | +57 | +133 | + 95 | +171 | +133 |
| | | 3 | +67 | +22 | +112 | +67 | +157 | +112 | +202 | +157 |
| | | 4 | +75 | +25 | +125 | +75 | +175 | +125 | +225 | +175 |
| | | 5 | +80 | +27 | +133 | +80 | +186 | +133 | +239 | +186 |
| | | 5,5 | +84 | +28 | +140 | +84 | +196 | +140 | +252 | +196 |
| | | 6 | +90 | +30 | +150 | +90 | +210 | +150 | +270 | +210 |



### Grenzabweichung der Gewindeflankenwinkel β, γ am Gewindebohrer

| Gewindesteigung P [mm] über | bis | Grenzabweichung der Gewindeflankenwinkel β, γ |
|---|---|---|
| — | 0,25 | ± 70' |
| 0,25 | 0,4 | ± 50' |
| 0,4 | 0,6 | ± 35' |
| 0,6 | 0,8 | ± 30' |
| 0,8 | 1,5 | ± 25' |
| 1,5 | 3 | ± 20' |
| 3 | 6 | ± 15' |

### Toleranzen der Gewindesteigung

Die Toleranzen der Gewindesteigung sind in nachfolgender Tabelle enthalten, in der auch die Länge angegeben ist, auf der die Messung durchzuführen ist. Diese Länge ist als Gangzahl angegeben.

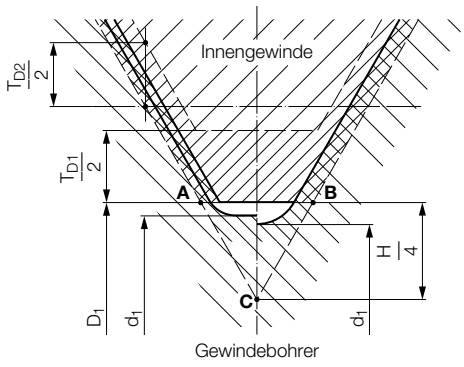
| Gewindesteigung [mm] | Prüflänge Anzahl der Gänge | Grenzabmaße [µm] |
|---|---|---|
| 0,25 | 12 | ± 8 |
| 0,3 | | |
| 0,35 | | |
| 0,4 | | |
| 0,45 | | |
| 0,5 | | |
| 0,6 | | |
| 0,7 | 9 | ± 8 |
| 0,75 | | |
| 0,8 | | |
| 1 | | |
| 1,25 | | |

| Gewindesteigung [mm] | Prüflänge Anzahl der Gänge | Grenzabmaße [µm] |
|---|---|---|
| 1,5 | 7 | ± 8 |
| 1,75 | | ± 9 |
| 2 | | ± 10 |
| 2,5 | | |
| 3 | | ± 12 |
| 3,5 | | ± 13 |
| 4 | | ± 14 |
| 4,5 | | ± 15 |
| 5 | | ± 16 |
| 5,5 | | ± 17 |
| 6 | | ± 18 |

### Kerndurchmesser des Gewindebohrers $d_1$

Für diesen Durchmesser, der vom Abnutzungszustand des benutzten Werkzeuges abhängig ist, wird keine Toleranz festgelegt.

Das Profil der an die Gewindeflanke angelegten Rundung sollte jedoch grundsätzlich unterhalb der Linie AB liegen, die dem Innendurchmesser $D_1$ des ISO-Grundprofils entspricht.

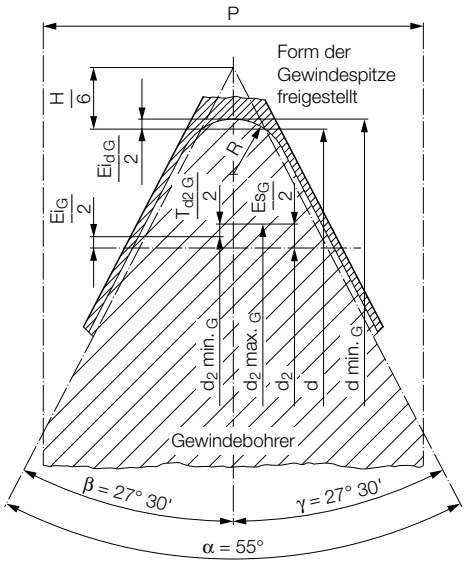




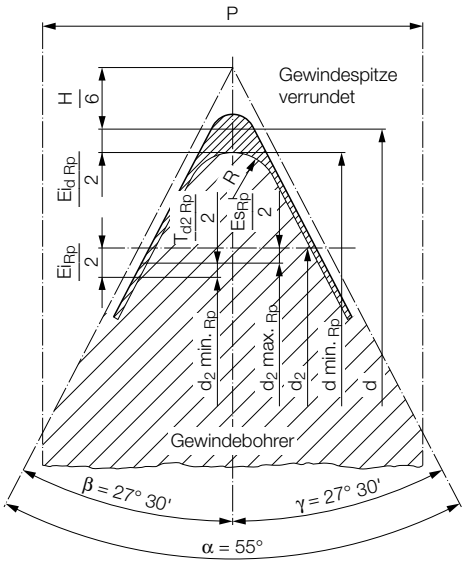


## 8.6.8 Toleranzen des Gewindeteils von Gewindebohrern für Rohrgewinde (Auszug aus DIN 802-3)

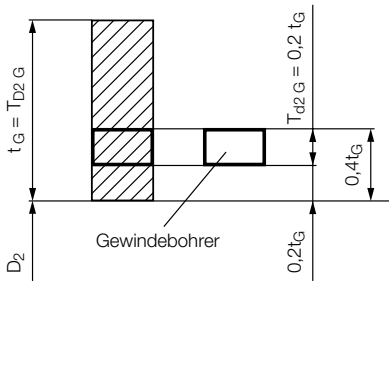
**Rohrinnengewinde (G) nach DIN EN ISO 228-1**



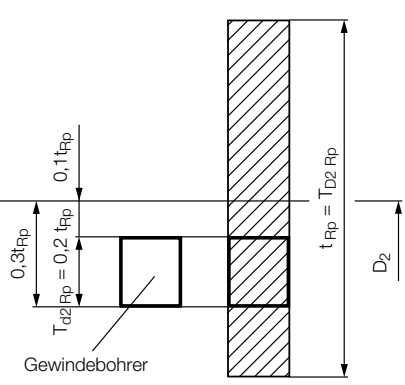

**Whitworth-Rohrinnengewinde (Rp) nach DIN 2999-1 (Dichtgewinde)**




Innengewinde **G**




Innengewinde **Rp**




**Hinweis:** Auch bei Rohrgewinden sind für spezielle Bearbeitungsfälle geänderte Toleranzen, so genannte X-Toleranzen, erforderlich.





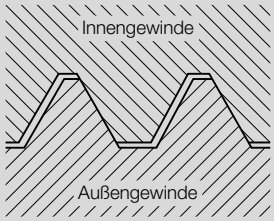
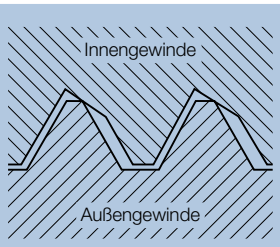
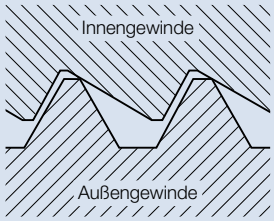
**Oberes Abmaß ($Es_G$ bzw. $Es_{Rp}$) und unteres Abmaß ($Ei_G$ bzw. $Ei_{Rp}$) des Flankendurchmessers sowie unteres Abmaß des Außendurchmessers ($Ei_{d\,G}$ bzw. $Ei_{d\,Rp}$) an Gewindebohrern [µm]**

| Rohrgewinde (G) nach DIN EN ISO 228-1 | | | Whitworth-Rohrgewinde (Rp) nach DIN 2999-1 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Kurzzeichen | $Es_G$ / $Ei_G$ | $Ei_{d\,G}$ | Kurzzeichen | $Es_{Rp}$ / $Ei_{Rp}$ | $Ei_{d\,Rp}$ |
| G 1/16 | +43 | +32 | Rp 1/16 | - 14 | - 43 |
| G 1/8 | +21 | | Rp 1/8 | - 43 | |
| G 1/4 | +50 | +37 | Rp 1/4 | - 21 | - 63 |
| G 3/8 | +25 | | Rp 3/8 | - 63 | |
| G 1/2 | | | Rp 1/2 | | |
| G 5/8 | +57 | +43 | — | - 29 | - 86 |
| G 3/4 | +28 | | Rp 3/4 | - 86 | |
| G 7/8 | | | — | | |
| G 1" | | | Rp 1" | | |
| G 1 1/8 | | | — | | |
| G 1 1/4 | +72 | +54 | Rp 1 1/4 | - 37 | -109 |
| G 1 1/2 | +36 | | Rp 1 1/2 | -109 | |
| G 1 3/4 | | | — | | |
| G 2" | | | Rp 2" | | |
| G 2 1/4 | | | — | | |
| G 2 1/2 | | | Rp 2 1/2 | | |
| G 2 3/4 | +87 | +65 | — | - 43 | -130 |
| G 3" | +43 | | Rp 3" | -130 | |
| G 3 1/2 | | | — | | |
| G 4" | | | Rp 4" | | |



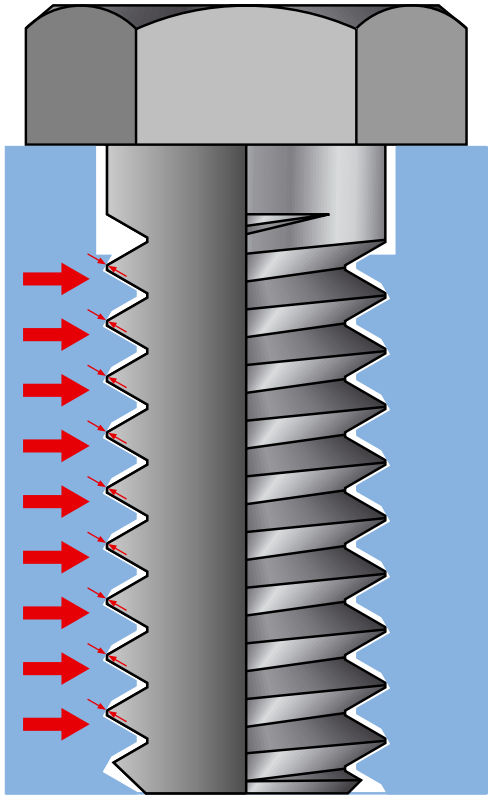


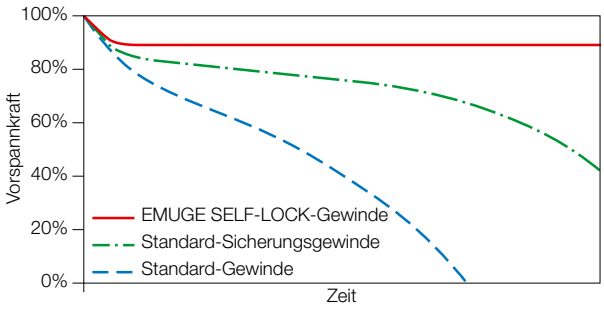
## 8.7 EMUGE SELF-LOCK-Innengewinde

| Standard-Gewinde | EMUGE SELF-LOCK-Gewinde<br>Standardprofil<br>ab Steigung P > 0,7 mm | EMUGE SELF-LOCK-Gewinde<br>Sägezahnprofil<br>bis Steigung P ≤ 0,7 mm |
|---|---|---|
|  |  |  |

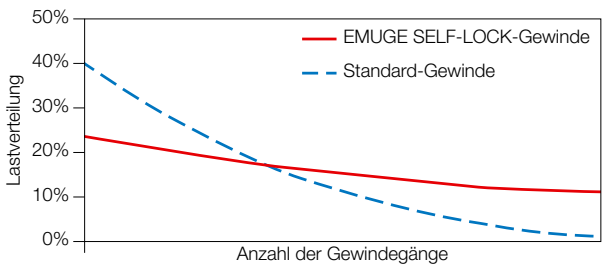
**Merkmale:**

- Gewindesicherung schon im Innengewinde „eingebaut“
- Modifiziertes Profil mit Keilflächen in Belastungsrichtung
- 30° Keilfläche bewirkt Selbsthemmung
- leichte Montage
- kein Montagefehler (vergessen der Sicherung) möglich
- Verwendung von Standard-Außengewinden (Schrauben) mit Toleranzklasse „mittel“
- Gleichmäßige Spannungsverteilung auf alle Gewindegänge
- Ausreißen der Gewindegänge wird vermieden
- Kostengünstige Sicherung, keine zusätzlichen Teile nötig
- optimale Vorhaltekraft unter dynamischer Last
- Lösen und Wiederanziehen ohne Funktionsminderung
- Innengewinde mit EMUGE-Gewindebohrern, -Gewindefurchern und -Gewindefräsern herstellbar
- Größere Vorbohrdurchmesser, damit auch höhere Standzeit der Gewindewerkzeuge möglich
- Größere Herstelltoleranzen für das Kernloch






**Vergleich der Vorspannkraft über die Zeit**

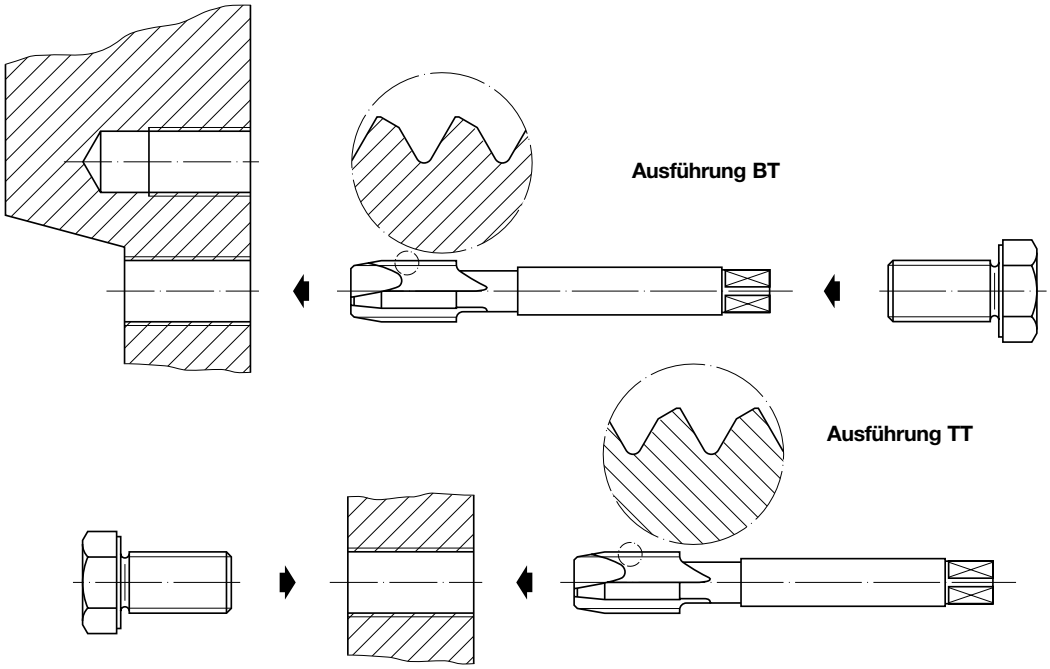



**Vergleich der Lastverteilung über die Gewindelänge**



**Festlegung der Orientierung der Keilflächen**
Die Keilfläche muss in Richtung der Verschraubung und damit der Belastungsrichtung liegen.

| Orientierung der Keilfläche | Benennung | Abkürzung | Einsatzfall |
|---|---|---|---|
| „nach hinten“ | Back Taper | BT | • Grundlochgewinde<br>• Durchgangslochgewinde mit Einschraubrichtung gleich der Gewindeschneidrichtung |
| „nach vorne“ | Top Taper | TT | • Durchgangslochgewinde mit unterschiedlicher Einschraub- und Gewindeschneidrichtung |




**Bezeichnung der EMUGE SELF-LOCK-Gewindebohrer**
Das EMUGE SELF-LOCK-Profil wird durch die Buchstaben „LK“ gekennzeichnet. Sie werden der Gewindeabmessung vorangestellt. Die Ausführung BT oder TT wird an die Gewindebezeichnung angehängt, wobei BT auch weggelassen werden kann. Der jeweilige Gewindebohrertyp für Grundloch oder Durchgangsloch muss unabhängig davon festgelegt werden.

**Beispiel für EMUGE SELF-LOCK-Grundlochgewindebohrer M8:**

**EMUGE – 2Enorm LK-M8** auch **EMUGE – 2Enorm LK-M8 BT** möglich

**Beispiel für EMUGE SELF-LOCK-Durchgangslochgewindebohrer M8 x 0,75 mit Einschraubrichtung entgegengesetzt der Gewindeschneidrichtung:**

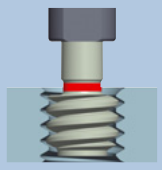
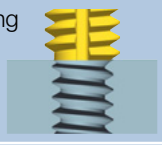
**EMUGE Rekord 1B LK-M8 x 0,75 TT**

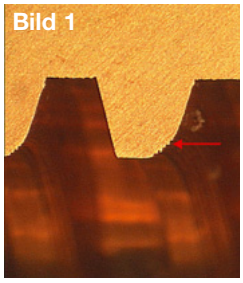


# Gewindebohren

## 8.8 Fehler, Ursachen und Abhilfe

### A) Mögliche Schwierigkeiten mit Neuwerkzeugen

| festgestellter Fehler | eventuelle Ursache | Abhilfe |
|---|---|---|
| Gewinde wird zu groß  | • falscher Gewindebohrer<br>• Schneidengeometrie ungeeignet<br>• zu kleine Gewinde-Kernlochbohrung<br>• Winkel- oder Positionsfehler der Gewinde-Kernlochbohrung<br>• axial schwergängige Maschinenspindel<br>• Kaltschweißungen (Materialaufschweißung) an den Gewindebohrer-Flanken<br>• Schnittgeschwindigkeit zu hoch<br>• Spanstauungen<br>• Toleranzangabe auf dem Gewindebohrer ist nicht identisch mit der Toleranzangabe auf der Zeichnung oder der Gewindelehre | • Gewindebohrer der richtigen Werkstoffgruppe einsetzen<br>• Vorbohrdurchmesser nach der jeweiligen Norm beachten (siehe **Kapitel 8.4.2**)<br>• auf korrekte Werkstückspannung achten<br>• mit maschinellem Vorschub schneiden und Gewindeschneidfutter mit Längenausgleich einsetzen<br>• a) neues Werkzeug<br>b) Kühlschmierung verbessern<br>c) oberflächenbehandelte Gewindebohrer einsetzen<br>• Schnittgeschwindigkeit verringern<br>• Gewindebohrer mit geeigneter Geometrie einsetzen<br>• den für die gewünschte Toleranz entsprechenden Gewindebohrer verwenden |
| Gewinde axial verschnitten (siehe Bild 1)  | • stark rechtsspiralgenutete Gewindebohrer (z.B. Enorm) werden mit zu starkem Anschnittdruck eingesetzt<br>• Schälanschnitt- oder linksspiralgenutete Gewindebohrer (z.B. Rekord B oder Rekord C) erhalten zu geringen Anschnittdruck | • nur leichtes axiales Andrücken beim Anschneiden. Der Gewindebohrer soll danach in den Zugausgleichsbereich des Gewindeschneidfutters kommen<br>• stärkeres axiales Andrücken beim Anschneiden. Gewindebohrer im Druckbereich des Gewindeschneid-futters halten |
| Gewinde wird zu eng  | • Toleranzangabe auf dem Gewindebohrer ist nicht identisch mit der Toleranzangabe auf der Zeichnung oder der Gewindelehre | • den für die gewünschte Toleranz entsprechenden Gewindebohrer verwenden |
| Gewinde wird scheinbar mit Bohrungstiefe zu eng  | • der Gewindebohrer schneidet nicht steigungsgenau (Gewinde-Gut-Lehrdorn lässt sich nicht voll einschrauben) | • a) siehe festgestellter Fehler „Gewinde axial verschnitten“<br>b) übermäßige Axialkräfte während des Schneidvorganges vermeiden<br>c) Gewindeschneidfutter mit Längenausgleich einsetzen<br>d) mit Zwangsvorschub arbeiten |
| Gewinde hat Vorweite  | • es wurde mit falschem Anschnittdruck geschnitten<br>• axial schwergängige Arbeitsspindel<br>• Winkel- oder Positionsfehler der Gewinde-Kernlochbohrung | • a) mit Zwangsvorschub arbeiten<br>b) Gewindeschneidfutter mit Längenausgleich einsetzen<br>• auf korrekte Werkstückspannung achten |


Bild 1

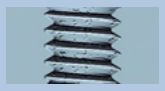
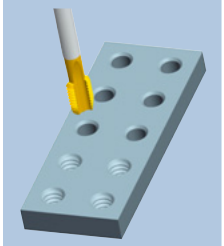
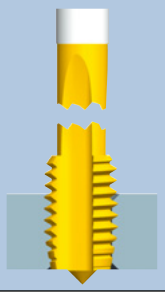
| festgestellter Fehler | eventuelle Ursache | Abhilfe |
|---|---|---|
| Gewindeoberfläche unsauber (siehe Bild 2)  | • Schneidengeometrie für den Schneidfall ungeeignet | • den geeigneten Gewindebohrer für die zu zerspanende Werkstoffgruppe einsetzen |
| | • Spanstauungen | • anderen Gewindebohrer-Typ einsetzen |
| | • Werkzeugüberlastung infolge großer Steigung und/oder zähharter Werkstoffe | • Satz-Gewindebohrer verwenden und auf ausreichende Schmierung achten (evtl. Schneidpaste) |
| | • Kaltschweißungen (Materialaufschweißung), Aufbauschneidenbildung | • Kühlschmiermittelzufuhr verbessern, oberflächenbehandelte Gewindebohrer einsetzen |
| | • Kühlschmiermittel in Zusammensetzung und Zufuhr ungenügend | • für geeignete und ausreichende Kühlschmiermittelzufuhr sorgen |
| | • Schnittgeschwindigkeit zu hoch | • a) Schnittgeschwindigkeit verringern<br>b) Kühlschmierung verbessern |
| Standlänge zu gering  | • alle unter „Gewindeoberfläche unsauber“ angeführten Gründe | • siehe Abhilfe für „Gewindeoberfläche unsauber“ |
| | • verfestigte Wandung des Kernlochs durch stumpfe Vorbearbeitungswerkzeuge | • Bohrwerkzeug rechtzeitig nachschärfen bzw. auswechseln |
| | • vergütete bzw. einsatzgehärtete Werkstücke | • a) wenn möglich, Wärme- und Oberflächenbehandlung erst nach dem Gewindeschneiden durchführen<br>b) anderen Gewindebohrer-Typ verwenden |
| | • das zu bearbeitende Material hat sich in Gefüge und Härte verändert | • Materialprüfung vornehmen und eventuell anderen Gewindebohrer-Typ einsetzen |
| | • Kühlschmierung in Zusammensetzung oder Zufuhr nicht ausreichend | • Schmierung ändern und für ausreichende Schmiermittelzuführung sorgen |
| | • falscher Gewindebohrer-Typ | • anderen Gewindebohrer-Typ verwenden |
| Werkzeugteil-ausbrüche oder Werkzeug-gewaltbruch (siehe Bild 3 und 4)  | • Spanstauungen bzw. Spanverklemmungen | • anderen Gewindebohrer-Typ einsetzen |
| | • Gewinde-Kernlochbohrung zu klein vorgebohrt | • Vorbohrdurchmesser nach der jeweiligen Norm beachten (siehe **Kapitel 8.4.2**) |
| | • Winkel- oder Positionsfehler der Gewinde-Kernlochbohrung | • auf korrekte Werkstückspannung achten |
| | • Auflaufen des Gewindebohrers auf Kernlochgrund | • Gewindeschneidfutter mit Längenausgleich und Drehmoment-Überlastungssicherung einsetzen |
| | • Schneidengeometrie des Gewindebohrers für den Bearbeitungsfall ungeeignet | • für den Bearbeitungsfall geeigneten Gewindebohrer verwenden |

Bild 2

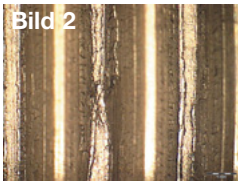


Bild 3

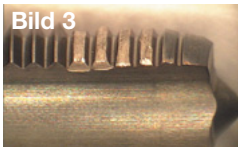
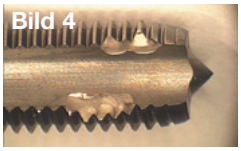


Bild 4

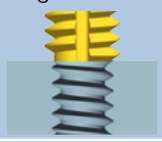
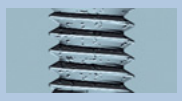
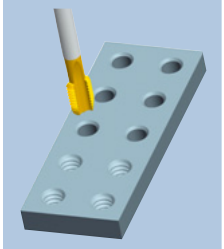




# Gewindebohren

## B) Mögliche Schwierigkeiten mit nachgeschliffenen Werkzeugen

Es können alle unter A) für Neuwerkzeuge angegebenen Fehler und deren Ursache auch beim Einsatz von nachgeschliffenen Gewindebohrern auftreten.

| festgestellter Fehler | eventuelle Ursache | Abhilfe |
|---|---|---|
| Gewinde wird zu groß  | • Schleifgrat<br>• Nichteinhaltung der vorgeschriebenen Schneidengeometrie (Span-, Anschnitt-, Schnittfrei-, Schälanschnittwinkel) | • Schleifgrat entfernen<br>• auf sachgemäßes Nachschleifen achten (siehe **Kapitel 17**) |
| Gewinde wird zu eng  | • Gewindebohrer-Durchmesser durch mehrmaliges Nachschleifen zu klein | • Grenze der Nachschleifmöglichkeit erreicht; Neuwerkzeug einsetzen |
| Gewindeoberfläche unsauber (siehe Bild 1)  | • Schleifgrat<br>• Nichteinhaltung der vorgeschriebenen Schneidengeometrie (Span-, Anschnitt-, Schnittfrei-, Schälanschnittwinkel)<br>• Kaltschweißungen (Materialaufschweißung) an den Gewindebohrer-Flanken | • Schleifgrat entfernen<br>• auf sachgemäßes Nachschleifen achten (siehe **Kapitel 17**)<br>• a) Kaltschweißungen (Materialaufschweißung) entfernen<br>b) neues Werkzeug einsetzen |
| Standlänge zu gering  | • Nichteinhaltung der vorgeschriebenen Schneidengeometrie (Span-, Anschnitt-, Schnittfrei-, Schälanschnittwinkel)<br>• Härteverlust des Gewindebohrers durch Wärmeeinfluss beim Nachschleifen<br>• Verlust der Eigenschaft von Oberflächenbehandlungen<br>• Abstumpfungszone beim Nachschleifen nicht beseitigt<br>• noch Kaltschweißungen (Materialaufschweißung) in den Gewindebohrer-Flanken | • auf sachgemäßes Nachschleifen achten (siehe **Kapitel 17**)<br>• a) Schleifscheibenqualität ändern<br>b) eventuell Nassschliff und auf korrekte Zustellung beim Schleifen achten<br>• a) Nachbehandlung der Gewindebohreroberfläche<br>b) Eignung der Oberflächenbehandlung für den zu zerspanenden Werkstoff prüfen<br>• nochmals Nachschleifen bzw. neues Werkzeug einsetzen<br>• a) Kaltschweißungen (Materialaufschweißung) entfernen<br>b) neues Werkzeug einsetzen |

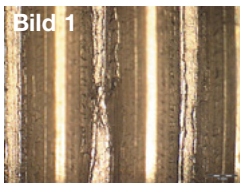


Bild 1

# Gewindefurchen



9

Seite


**9.1 Übersicht . . . . . 300**

**9.2 Programmübersicht der EMUGE-Gewindefurcher . . . . . 301**

9.2.1 Bezeichnung der EMUGE-Gewindefurcher . . . . . 301
9.2.1.1 Baustein 1: Typenform . . . . . 301
9.2.1.2 Baustein 2: Bauform . . . . . 301
9.2.1.3 Baustein 3: Merkmale . . . . . 302
9.2.1.4 Bezeichnungsbeispiel . . . . . 302
9.2.2 Kurzbeschreibung der EMUGE-Gewindefurcher . . . . . 303

**9.3 Nomenklatur . . . . . 308**

9.3.1 Benennungen und Definitionen am Gewindefurcher . . . . . 308
9.3.2 Technische Lieferbedingungen . . . . . 309

**9.4 Verfahrensspezifische Hinweise . . . . . 309**

9.4.1 Der Gewindefurchvorgang . . . . . 309
9.4.2 Unterschied zwischen geschnittenem und gefurchtem Innengewinde . . . . . 310
9.4.3 Anwendungsbereich . . . . . 311
9.4.4 Gewinde-Vorbohrdurchmesser . . . . . 312
9.4.5 Einfluss des Vorbohrdurchmessers auf den Innengewinde-Kerndurchmesser . . 318

**9.5 Richtwerte für die Umfangsgeschwindigkeit . . . . . 320**

**9.6 Hinweise zur Geometrie von Gewindefurchern . . . . . 322**

9.6.1 Toleranzen des Gewindeteils . . . . . 322
9.6.2 Anfurchbereich im Vergleich zum Anschnitt beim Gewindebohrer . . . . . 322
9.6.3 Anfurchkegelform und Anfurchkegellänge . . . . . 322

**9.7 Fehler, Ursachen und Abhilfe . . . . . 323**



# Gewindefurchen

## 9.1 Übersicht

**Verfahrensmerkmale:**

- spanloses Verfahren
- stufenförmiger Umformprozess
- Innenbearbeitung
- Erzeugen der Gewindekontur durch Verdrängen des Materials
- Werkzeugwerkstoff ist in den meisten Fällen HSS-E, es wird aber auch HSS-PM und Hartmetall eingesetzt



**Voraussetzungen:**

- Werkstoffe mit einer Festigkeit ≤ 1200 N/mm$^2$ und einer Bruchdehnung von ≥ 8 %
- in der Regel axiales Ausgleichsfutter erforderlich
- größerer Kernloch-/Vorbohrdurchmesser erforderlich
- erweiterte Kerndurchmesser-Toleranz des gefurchten Innengewindes nach DIN 13-50 zulässig

| Vorteile | Nachteile |
|---|---|
| • Einsatz auf einfachen Maschinen möglich, auch auf Mehrspindel-Maschinen<br>• höhere Umfangsgeschwindigkeiten möglich<br>• erhöhte statische und dynamische Festigkeit des Gewindes<br>• kein axiales Verschneiden (Vorweite) der Gewinde<br>• keine Spanprobleme<br>• für größere Gewindetiefen geeignet<br>• größere Werkzeugbruchsicherheit<br>• höhere Standzeiten gegenüber Gewindebohrern<br>• hohe Oberflächenqualität | • enge Toleranz des Vorbohrdurchmessers erforderlich<br>• Drehmoment bis zum doppelten Schnittmoment eines Gewindebohrers<br>• z. Zt. noch hochwertiger Schmierstoff erforderlich<br>• Materialaufwurf an Ein- und Auslauf des Gewindes<br>• keine Nachschärfarbeiten möglich<br>• unvollständig ausgeformter Gewindekern |



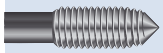
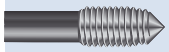
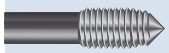
## 9.2 Programmübersicht der EMUGE-Gewindefurcher

### 9.2.1 Bezeichnung der EMUGE-Gewindefurcher

Die Bezeichnung besteht im Prinzip aus drei Bausteinen:

| Baustein: | 1<br>Typenform | 2<br>Bauform | 3<br>Merkmale |
|---|---|---|---|
| Beschreibung: | ein- oder zweiteilige EMUGE-Bezeichnung | zeigt die Bauform ähnlich DIN an | besondere Merkmale des Werkzeuges |
| Bemerkung: | Sonderwerkzeugen werden noch Bezeichnungen vorangestellt (z.B. VHM) | wird durch eine Ziffer dargestellt | werden meist als Buchstaben angehängt |

#### 9.2.1.1 Baustein 1: Typenform

| Bild | Typenform Teil 1 | | Teil 2 | Beschreibung | Lochform |
|---|---|---|---|---|---|
|  | **GFU** | • | **Drück-S** | Standardausführung aus HSS-E |  |
|  | | • | **Drück-PM** | Ausführung für höhere Anforderungen |  |
|  | | • | **Drück-Z** | Ausführung für höchste Anforderungen |  |

• Der Punkt zeigt die Position des **Baustein 2: Bauform** an.

#### 9.2.1.2 Baustein 2: Bauform

| Bild (Beispiel) | Nummer | Bauform | DIN | ähnlich DIN |
|---|---|---|---|---|
|  | **1** | Gewindefurcher mit verstärktem Schaft | 2174 | 371 |
|  | **2** | Gewindefurcher mit Überlaufschaft | | 376, 374 u.a. |





### 9.2.1.3 Baustein 3: Merkmale

| Kurzbezeichnung | Beschreibung |
|---|---|
| **für die Oberfläche des Werkzeuges:** | |
| **- NT** | nitriert |
| **- CR** | hartverchromt |
| **- CRN** | beschichtet mit Chromnitrid |
| **- TIN / TIN-T1** | beschichtet mit Titannitrid |
| **- TICN** | beschichtet mit Titancarbonitrid |
| **Sonstiges:** | |
| **- LH** | Linksgewinde |
| **- LS** | Gewindefurcher mit extra langem Schaft |
| **- IKZ** | innere Kühlmittelzufuhr (axial) |
| **- IKZN** | innere Kühlmittelzufuhr (axial mit Austritt in den Nuten) |
| **- VHM** | Vollhartmetall (Furch- und Schaftteil) |
| **- KHM** | Vollhartmetallschneidkopf (Furchteil aus VHM, Schaft aus Werkzeugstahl) |
| **- UM** | Untermaß |
| **- ÜM** | Übermaß |
| **- ÖLN** | Ölnuten |

### 9.2.1.4 Bezeichnungsbeispiel

GFU – 1 Drück-S – ÖLN – TIN

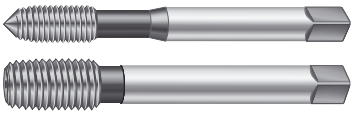
Gewindefurcher **GFU Drück-S**

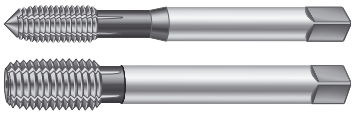
Bauform **1**, Gewindefurcher mit verstärktem Schaft ähnlich DIN 371

mit Ölnuten **ÖLN**

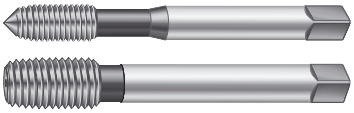
Kurzbezeichnung **TIN** für Oberflächenbeschichtung mit Titannitrid

## 9.2.2 Kurzbeschreibung der EMUGE-Gewindefurcher





| GFU-1 Drück-S<br>GFU-2 Drück-S | GFU-1 Drück-S-ÖLN<br>GFU-2 Drück-S-ÖLN |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Automatenstähle, legierte Stähle, Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.3 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 3, 5, 6 |
| Beschreibung: | • spanloses Verfahren<br>• keine Spanprobleme<br>• sehr gute Oberflächengüte<br>• höhere statische und dynamische Festigkeit des Gewindes<br>• Schmierstoff in ausreichender Menge zuführen<br>• Vorbohrdurchmesser beachten<br>• Ölnuten bei horizontaler Bearbeitung und Gewindedurchgangslöchern erforderlich |
| Oberfläche: | • NT |



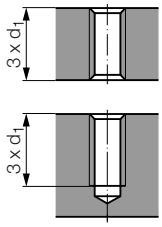
| GFU-1 Drück-S-CR<br>GFU-2 Drück-S-CR | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Kupfer und niedriglegiertes Kupfer bis 500 N/mm² **3**.1<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) **3**.2<br>• Alu-Knetlegierungen **5**.1 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 3, 4, 5, 6 |
| Beschreibung: | • speziell für fließfähige, weiche Werkstoffe geeignet |
| Oberfläche: | • Cr |

[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.

**Typ:** GFU Drück-S



**Lochform:**




➤ *siehe auch:*







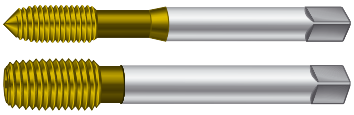
*www.emuge-franken.com*

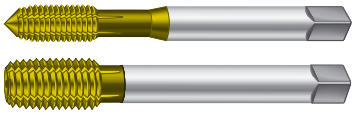


# Gewindefurchen

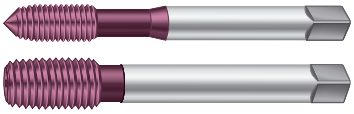
**Typ:** GFU Drück-S

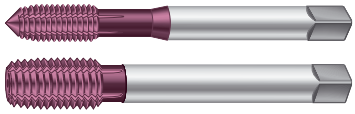






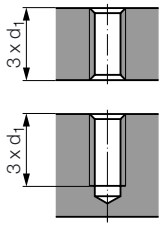
| GFU-1 Drück-S-TIN<br>GFU-2 Drück-S-TIN | GFU-1 Drück-S-ÖLN-TIN<br>GFU-2 Drück-S-ÖLN-TIN |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Kaltfließpressstähle, Magnetweicheisen bis 400 N/mm² **1**.1<br>• Automaten-, Baustähle, legierte Stähle und Stahlguss bis 850 N/mm² **1**.2-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier- und Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Kupfer und niedriglegiertes Kupfer bis 500 N/mm² **3**.1<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) **3**.2<br>• Kupfer-Zinn/Aluminium-Legierungen (Bronze, Alubronze langspanend) **3**.4<br>• Nickel-/Kobalt-Legierungen warmfest bis 850 N/mm² **4**.1<br>• Alu-Knetlegierungen **5**.1<br>• Alu-Gusslegierungen Si ≤ 12% **5**.2-3 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 3, 5, 6 |
| Beschreibung: | • TiN-Beschichtung erlaubt größere Umfangsgeschwindigkeiten<br>• TiN-Beschichtung ermöglicht höhere Standzeiten<br>• Ölnuten bei horizontaler Bearbeitung und Gewindedurchgangslöchern erforderlich |
| Oberfläche: | • TiN |





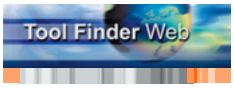
| GFU-1 Drück-S-TICN<br>GFU-2 Drück-S-TICN | GFU-1 Drück-S-ÖLN-TICN<br>GFU-2 Drück-S-ÖLN-TICN |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Automaten-, Baustähle, legierte Stähle und Stahlguss bis 850 N/mm² **1**.2-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier- und Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Kupfer und niedriglegiertes Kupfer bis 500 N/mm² **3**.1<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) **3**.2<br>• Kupfer-Zinn/Aluminium-Legierungen (Bronze, Alubronze langspanend) **3**.4<br>• Nickel-/Kobalt-Legierungen warmfest bis 850 N/mm² **4**.1<br>• Alu-Knetlegierungen **5**.1<br>• Alu-Gusslegierungen Si ≤ 12% **5**.2-3<br>• Titan und Titanlegierungen bis 1250 N/mm² **7**.1-2 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 3, 5, 6 |
| Beschreibung: | • TiCN-Beschichtung erlaubt größere Umfangsgeschwindigkeiten<br>• TiCN-Beschichtung ermöglicht höhere Standzeiten<br>• Ölnuten bei horizontaler Bearbeitung und Gewindedurchgangslöchern erforderlich |
| Oberfläche: | • TiCN |

**Lochform:**



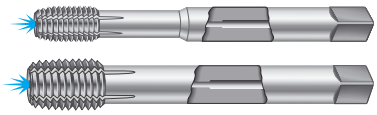

➤ *siehe auch:*




*www.emuge-franken.com*





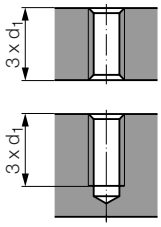
**VHM-GFU-1 Drück-S-ÖLN-IKZ**
**VHM/KHM-GFU-2 Drück-S-ÖLN-IKZ**

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier- und Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• Vergütungs-, Nitrier-, Warmarbeitsstähle bis 1400 N/mm² und gehärtete Stähle bis 55 HRC **1**.5<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1400 N/mm² **1**.11-12<br>• Alu-Gusslegierungen **5**.2-3 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 3 |
| Beschreibung: | • VHM = bis ø12,7 mm Furch- und Schaftteil aus Vollhartmetall<br>• KHM = ab ø12,7 mm Furchteil aus Vollhartmetall, Schaftteil aus Werkzeugstahl<br>• hohe Standzeiten beim Einsatz in stark abrasiven Werkstoffen durch den Einsatz von Hartmetall als Werkzeugwerkstoff |
| Oberfläche: | • blank |

**Typ:**
VHM-GFU Drück-S



**Lochform:**




➤ *siehe auch:*







*www.emuge-franken.com*

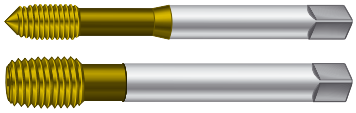
[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.

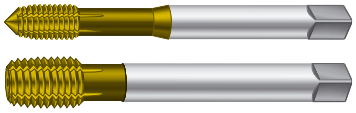


# Gewindefurchen

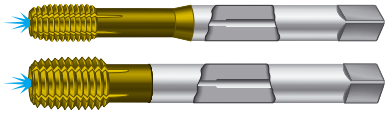
**Typ:** GFU Drück-PM





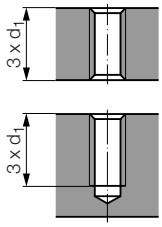


| GFU-1 Drück-PM-TIN<br>GFU-2 Drück-PM-TIN | GFU-1 Drück-PM-ÖLN-TIN<br>GFU-2 Drück-PM-ÖLN-TIN |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3Gg. und E/1,5-2 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier- und Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• Vergütungs-, Nitrier-, Warmarbeitsstähle bis 1400 N/mm², gehärtete Stähle bis 44 HRC **1**.5<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1400 N/mm² **1**.10-12<br>• Kupfer-Zinn/Aluminium-Legierungen (Bronze, Alubronze langspanend) **3**.4<br>• Nickel-/Kobalt-Legierungen warmfest und hochwarmfest bis 1400 N/mm² **4**.1-2<br>• Alu-Gusslegierungen 5% < Si ≤ 12% **5**.3<br>• Titan und Titanlegierungen bis 1250 N/mm² **7**.1-2 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 3, 5, 6 |
| Beschreibung: | • mit besondere Werkzeuggeometrie „PM“<br>• größere Umfangsgeschwindigkeiten möglich<br>• höhere Standzeitwerte werden erreicht |
| Oberfläche: | • TiN |



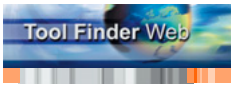
| GFU-1 Drück-PM-ÖLN-IKZ-TIN<br>GFU-2 Drück-PM-ÖLN-IKZ-TIN | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier- und Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• Vergütungs-, Nitrier-, Warmarbeitsstähle bis 1400 N/mm², gehärtete Stähle bis 44 HRC **1**.5<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1400 N/mm² **1**.10-12<br>• Kupfer-Zinn/Aluminium-Legierungen (Bronze, Alubronze langspanend) **3**.4<br>• Nickel-/Kobalt-Legierungen warmfest und hochwarmfest bis 1400 N/mm² **4**.1-2<br>• Alu-Gusslegierungen 5% < Si ≤ 12% **5**.3<br>• Titan und Titanlegierungen bis 1250 N/mm² **7**.1-2 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 3 |
| Beschreibung: | • mit besondere Werkzeuggeometrie „PM“<br>• größere Umfangsgeschwindigkeiten möglich<br>• höhere Standzeitwerte werden erreicht |
| Oberfläche: | • TiN |

**Lochform:**



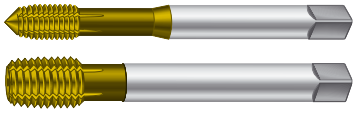

➤ *siehe auch:*




*www.emuge-franken.com*



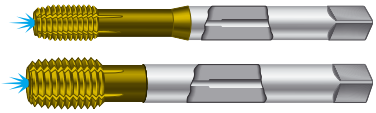


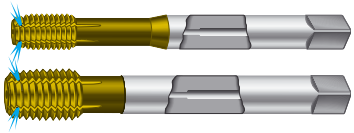
**Typ:** GFU Drück-Z



## GFU-1 Drück-Z-ÖLN-TIN-T1
## GFU-2 Drück-Z-ÖLN-TIN-T1

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier- und Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• Vergütungs-, Nitrier-, Warmarbeitsstähle bis 1400 N/mm², gehärtete Stähle bis 44 HRC **1**.5<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1400 N/mm² **1**.10-12<br>• Kupfer-Zinn/Aluminium-Legierungen (Bronze, Alubronze langspanend) **3**.4<br>• Nickel-/Kobalt-Legierungen warmfest und hochwarmfest bis 1400 N/mm² **4**.1-2<br>• Alu-Gusslegierungen von 5% < Si ≤ 12% **5**.3<br>• Titan und Titanlegierungen bis 1250 N/mm² **7**.1-2 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 3, 5, 6 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Werkzeuggeometrie „Z“<br>• größere Umfangsgeschwindigkeiten<br>• höhere Standzeitwerte werden erreicht |
| Oberfläche: | • TiN-T1 |



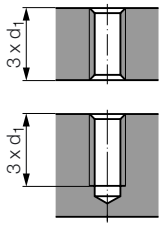


## GFU-1 Drück-Z-ÖLN-IKZ-TIN-T1
## GFU-2 Drück-Z-ÖLN-IKZ-TIN-T1

## GFU-1 Drück-Z-ÖLN-IKZN-TIN-T1
## GFU-2 Drück-Z-ÖLN-IKZN-TIN-T1

| | |
|---|---|
| Anschnitt: | DIN-Form C/2-3 Gg. |
| Werkstoffe [1]: | • niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier- und Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• Vergütungs-, Nitrier-, Warmarbeitsstähle bis 1400 N/mm², gehärtete Stähle bis 44 HRC **1**.5<br>• rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1400 N/mm² **1**.10-12<br>• Kupfer-Zinn/Aluminium-Legierungen (Bronze, Alubronze langspanend) **3**.4<br>• Nickel-/Kobalt-Legierungen warmfest und hochwarmfest bis 1400 N/mm² **4**.1-2<br>• Alu-Gusslegierungen von 5% < Si ≤ 12% **5**.3<br>• Titan und Titanlegierungen bis 1250 N/mm² **7**.1-2 |
| Kühlschmiermittel [2]: | 3 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Werkzeuggeometrie „Z“<br>• größere Umfangsgeschwindigkeiten<br>• höhere Standzeitwerte werden erreicht |
| Oberfläche: | • TiN-T1 |

**Lochform:**




➤ *siehe auch:*







*www.emuge-franken.com*

[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.
[2] die Kühlschmiermittel sind in **Kapitel 6** beschrieben.

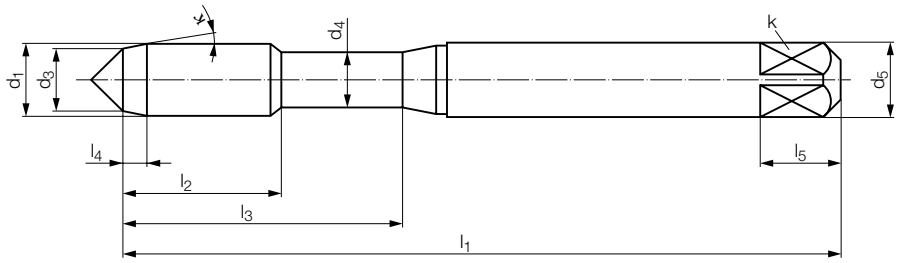


# Gewindefurchen

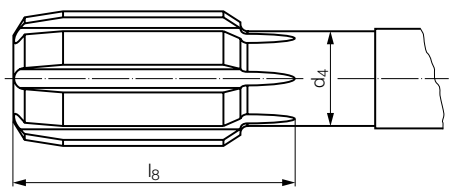
## 9.3 Nomenklatur

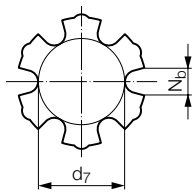
### 9.3.1 Benennungen und Definitionen am Gewindefurcher

**Gewindefurcher**

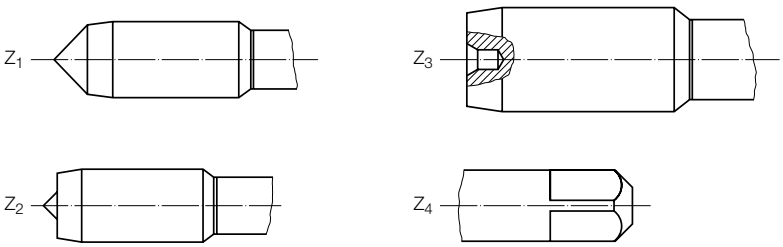



**Ölnuten / Schmiernuten**




**Zentrierung**




| | | | |
|---|---|---|---|
| $d_1$ | Gewindedurchmesser | $l_8$ | Ölnutenlänge |
| $d_3$ | Anfurchkegeldurchmesser | k | Vierkantmaß |
| $d_4$ | Halsdurchmesser | Z | Anzahl der Stollen bzw. Ölnuten |
| $d_5$ | Schaftdurchmesser | $N_b$ | Nutbreite (Ölnuten) |
| $d_7$ | Ölnut-Seelendurchmesser | κ | Anfurchkegelwinkel |
| $l_1$ | Gesamtlänge | $Z_1$ | Zentrierspitze/Vollspitze |
| $l_2$ | Gewindelänge | $Z_2$ | Zentrierspitze abgesetzt |
| $l_3$ | nutzbare Länge | $Z_3$ | Zentrierbohrung |
| $l_4$ | Anfurchkegellänge | $Z_4$ | Zentrierfase |
| $l_5$ | Vierkantlänge | | |

## 9.3.2 Technische Lieferbedingungen

**Beispiele für Gewindefurcher-Bezeichnungen, Auszug aus DIN 2175:**

Gewindefurcher DIN 2174 – C – M8 – 6HX – HSS

- Gewindefurcher
- Anfurchkegelform (siehe **Kapitel 9.6.3**)
- Metrisches ISO-Regelgewinde
- Toleranzklasse des Gewindeteils
- Legierungsgruppe des Schnellarbeitsstahls

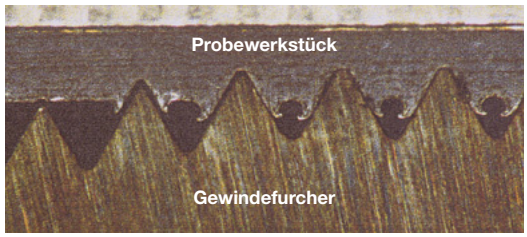
Gewindefurcher DIN 2174 – C – M10 x 1 – 6HX – LH – S – KA – HSS-E

- Gewindefurcher
- Anfurchkegelform (siehe **Kapitel 9.6.3**)
- Metrisches ISO-Feingewinde
- Toleranzklasse des Gewindeteils
- Linksgewinde
- Schmiernuten
- Kühlschmierstoffzuführung, axial
- Legierungsgruppe des Schnellarbeitsstahls

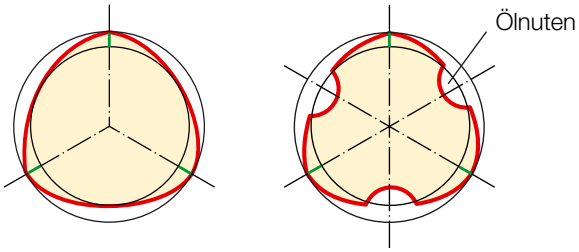
# 9.4 Verfahrensspezifische Hinweise

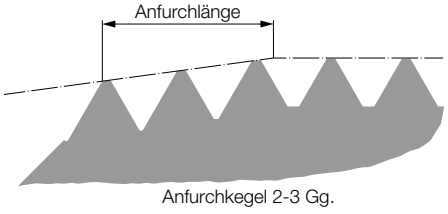
## 9.4.1 Der Gewindefurchvorgang

Beim Gewindefurchen wird das Innengewinde spanlos hergestellt. Der Gewindefurcher hat dazu ein polygonförmiges Profil mit einem Anfurchkegel. Beim Anfurchen drücken sich die Gewindespitzen in den Werkstoff und dieser wird in die Gewindelücken gepresst. Der Kernlochdurchmesser bildet sich erst beim Formvorgang.




**Querschnittprofil eines Gewindefurchers**



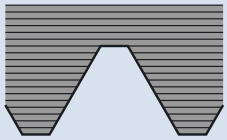
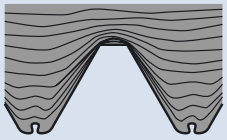

➤ *siehe auch:*





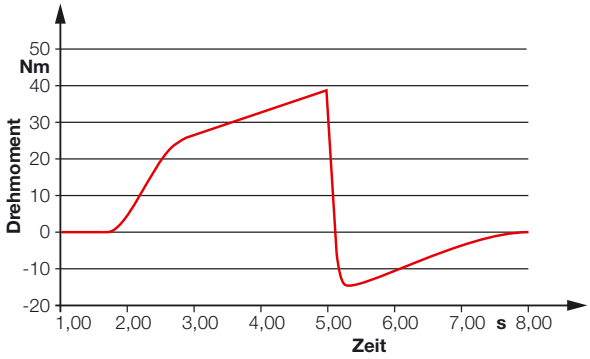
# Gewindefurchen

## 9.4.2 Unterschied zwischen geschnittenem und gefurchtem Innengewinde

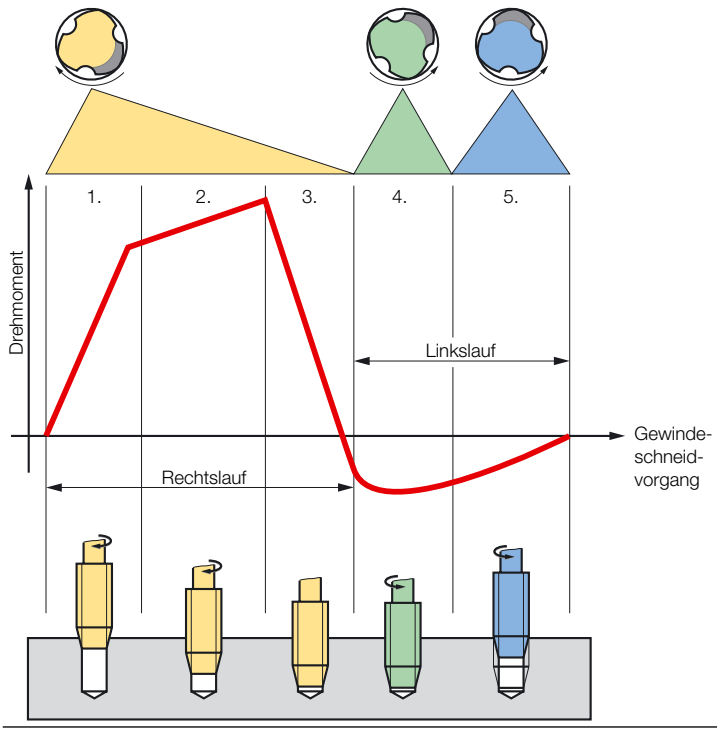
| Verfahren | Gewindeschneiden | Gewindefurchen |
|---|---|---|
| **Faserverlauf** |  |  |
| **Eigenschaften** | • Zerschneiden der Werkstofffasern<br>• Gewindeprofilwinkel-Fehler können auftreten | • durchgehender Faserverlauf<br>• kaltverfestigter Werkstoff<br>• unausgeformter Kern |
| **Auswirkungen** | • Belastungsgrenze wird reduziert<br>• ungünstige Spannungsverteilung<br>• Traganteil wird reduziert | • höhere Festigkeit |

**Drehmoment beim Gewindefurchen**

Momentverlauf im Vergleich




**Der Gewindefurchvorgang**



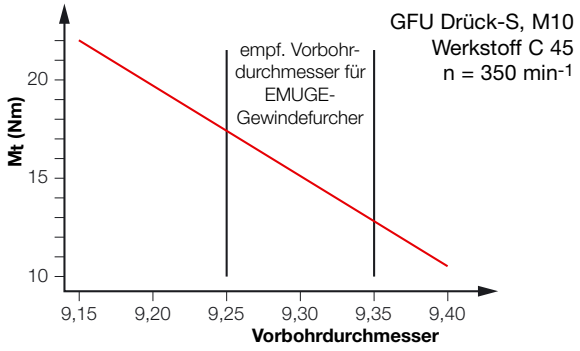

Der Gewindefurchvorgang gliedert sich in die Bereiche:

1. Anfurchen bis zum Eingriff aller Anfurchzähne.
2. Furchmoment des vollständig im Eingriff befindlichen Anfurchkegels.
3. Abbremsen der Maschinenspindel bis zum Stillstand.
4. Beginnender Rücklauf der Spindel mit Gleitreibung.
5. Gleitreibung zwischen Gewindefurcher und Werkstück.

Das Furchmoment liegt über dem Schneidemoment des Gewindebohrers. Je nach Werkzeugdurchmesser und anderen Faktoren kann die Drehmomenterhöhung zwischen 10% und 100% liegen. Das Drehmoment beim Gewindefurchen ist von folgenden Faktoren abhängig:

- Werkzeugdurchmesser
- Werkstückwerkstoff
- Vorbohrdurchmesser
- Steigung
- Umfangsgeschwindigkeit
- Schmierung
- Beschichtung

Besonders hohen Einfluss hat dabei der Vorbohrdurchmesser.




## 9.4.3 Anwendungsbereich

**Werkstoff:**
Der Werkstoff muss gut kaltumformbar sein. Zum Gewindefurchen eignen sich:

- Leichtmetalle und Leichtmetall-Legierungen **5**.1-4
- Nickel- und Kobaltlegierungen **4**.1-2
- Titan und Titanlegierungen **7**.1-2
- Buntmetalle **3**.1-2, 4
- Stähle bis ca. 1200 N/mm$^2$ **1**.1-5
- Rost-/säuere-/hitzebeständige Stähle bis 1200 N/mm$^2$ **1**.10-12

**Steigung:**
Die maximal drückbare Gewindesteigung wird von den Werkstoffeigenschaften begrenzt. Steigungen über 3 mm sind erfahrungsgemäß nicht mehr zu furchen.

**Gewindetiefe:**
Die erzielbare Gewindetiefe ist größer als beim zerspanenden Werkzeug. Bei guter Qualität der Kühlschmierung ist die erreichbare Gewindetiefe nur durch die Werkzeugbaulänge begrenzt.

**Umfangsgeschwindigkeit:**
Im Vergleich zur spanenden Gewindeherstellung liegt die Umfangsgeschwindigkeit höher.

**Schmierung:**
Die hohen spezifischen Verformkräfte beim Kaltverformen bedingen hohe Reibungskräfte. Der problemlose Einsatz von Gewindefurchern ist deshalb in hohem Maß von den Eigenschaften des Schmiermittels abhängig. Um hohe Furchgeschwindigkeiten, saubere Gewindeoberflächen und hohe Standzeiten zu erzielen, sollten nachfolgend empfohlene oder gleichwertige Schmierstoffe verwendet werden:

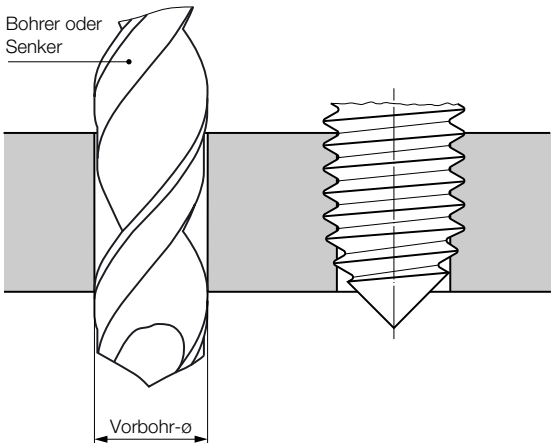
- EMUGE-Gewindeschneidöl Nr. 5 für zähe und schwer zerspanbare Werkstoffe
- EMUGE-Gewindeschneidöl Nr. 4 für Leicht- und Buntmetalle und deren Legierungen
- EMUGE-Gewindeschneidöl Nr. 3 nur als Emulsion (Mischverhältnis 1:8) für nahezu alle Werkstoffe
- EMUGE-Gewindeschneidpaste Nr. 6 für zähe und schwer zerspanbare Werkstoffe



# Gewindefurchen

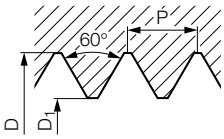
## 9.4.4 Gewinde-Vorbohrdurchmesser

Bei Einhaltung der empfohlenen Vorbohrdurchmesser wird ein Innengewinde-Kerndurchmesser erreicht, der innerhalb des Innengewinde-Kern-Toleranzfeldes nach DIN 13-50 liegt. Voraussetzung ist jedoch, dass in verformbare Werkstoffe gefurcht wird.
Der günstigste Vorbohrdurchmesser sollte jeweils durch Versuch ermittelt werden.




M

**Metrisches ISO-Regelgewinde 6H nach DIN 13 und DIN ISO 965-1 (M1-M1,4 = 5H)**




| Gewinde-Nenn-ø D | P | Vorbohr-ø min. | Vorbohr-ø max. | Bohrer-/Senker-ø |
|---|---|---|---|---|
| M 1 | 0,25 | 0,89 | | 0,9 |
| M 1,2 | 0,25 | 1,09 | | 1,1 |
| M 1,4 | 0,3 | 1,26 | | 1,26 |
| M 1,6 | 0,35 | 1,45 | | 1,45 |
| M 1,8 | 0,35 | 1,65 | | 1,65 |
| M 2 | 0,4 | 1,83 | 1,86 | 1,85 |
| M 2,2 | 0,45 | 2,00 | 2,04 | 2,0 |
| M 2,5 | 0,45 | 2,30 | 2,34 | 2,3 |
| M 3 | 0,5 | 2,77 | 2,82 | 2,8 |
| M 3,5 | 0,6 | 3,23 | 3,28 | 3,25 |
| M 4 | 0,7 | 3,68 | 3,73 | 3,7 |
| M 4,5 | 0,75 | 4,15 | 4,21 | 4,15 |
| M 5 | 0,8 | 4,63 | 4,68 | 4,65 |

| Gewinde-Nenn-ø D | P | Vorbohr-ø min. | Vorbohr-ø max. | Bohrer-/Senker-ø |
|---|---|---|---|---|
| M 6 | 1 | 5,51 | 5,59 | 5,55 |
| M 7 | 1 | 6,51 | 6,59 | 6,55 |
| M 8 | 1,25 | 7,39 | 7,48 | 7,4 |
| M 9 | 1,25 | 8,39 | 8,48 | 8,4 |
| M 10 | 1,5 | 9,25 | 9,35 | 9,3 |
| M 11 | 1,5 | 10,25 | 10,35 | 10,3 |
| M 12 | 1,75 | 11,12 | 11,25 | 11,2 |
| M 14 | 2 | 13,00 | 13,15 | 13,0 |
| M 16 | 2 | 15,00 | 15,15 | 15,0 |
| M 18 | 2,5 | 16,72 | 16,90 | 16,8 |
| M 20 | 2,5 | 18,72 | 18,90 | 18,8 |
| M 22 | 2,5 | 20,72 | 20,9 | 20,8 |
| M 24 | 3 | 22,46 | 22,7 | 22,5 |

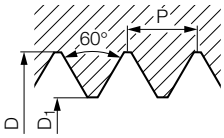
Maße in mm; P=Steigung





## Gewinde-Vorbohrdurchmesser

**Metrisches ISO-Feingewinde 6H nach DIN 13 und DIN ISO 965-1**




| Gewinde-Nenn-ø D x P | Vorbohr-ø min. | Vorbohr-ø max. | Bohrer-/Senker-ø |
|---|---|---|---|
| M 2 x 0,25 | 1,89 | | 1,9 |
| M 2,2 x 0,25 | 2,09 | | 2,1 |
| M 2,5 x 0,25 | 2,39 | | 2,4 |
| M 2,5 x 0,35 | 2,35 | | 2,35 |
| M 3 x 0,25 | 2,89 | | 2,9 |
| M 3 x 0,35 | 2,85 | | 2,85 |
| M 3,5 x 0,35 | 3,35 | | 3,35 |
| M 3,5 x 0,5 | 3,27 | 3,32 | 3,3 |
| M 4 x 0,35 | 3,85 | | 3,85 |
| M 4 x 0,5 | 3,77 | 3,82 | 3,8 |
| M 4,5 x 0,5 | 4,27 | 4,32 | 4,3 |
| M 5 x 0,5 | 4,77 | 4,82 | 4,8 |
| M 5 x 0,75 | 4,65 | 4,71 | 4,65 |
| M 5,5 x 0,5 | 5,27 | 5,32 | 5,3 |
| M 6 x 0,5 | 5,78 | 5,83 | 5,8 |
| M 6 x 0,75 | 5,65 | 5,71 | 5,65 |
| M 7 x 0,5 | 6,78 | 6,83 | 6,8 |
| M 7 x 0,75 | 6,65 | 6,71 | 6,65 |
| M 8 x 0,5 | 7,78 | 7,83 | 7,8 |
| M 8 x 0,75 | 7,65 | 7,71 | 7,65 |
| M 8 x 1 | 7,51 | 7,59 | 7,55 |
| M 9 x 0,5 | 8,78 | 8,83 | 8,8 |
| M 9 x 0,75 | 8,65 | 8,71 | 8,65 |
| M 9 x 1 | 8,51 | 8,59 | 8,55 |
| M 10 x 0,5 | 9,78 | 9,83 | 9,8 |
| M 10 x 0,75 | 9,65 | 9,71 | 9,65 |
| M 10 x 1 | 9,51 | 9,59 | 9,55 |
| M 10 x 1,25 | 9,39 | 9,48 | 9,4 |
| M 11 x 0,75 | 10,65 | 10,71 | 10,7 |
| M 11 x 1 | 10,51 | 10,59 | 10,5 |
| M 12 x 0,75 | 11,66 | 11,72 | 11,7 |

| Gewinde-Nenn-ø D x P | Vorbohr-ø min. | Vorbohr-ø max. | Bohrer-/Senker-ø |
|---|---|---|---|
| M 12 x 1 | 11,52 | 11,6 | 11,5 |
| M 12 x 1,25 | 11,4 | 11,49 | 11,4 |
| M 12 x 1,5 | 11,26 | 11,36 | 11,3 |
| M 13 x 0,75 | 12,66 | 12,72 | 12,7 |
| M 13 x 1 | 12,52 | 12,6 | 12,5 |
| M 13 x 1,5 | 12,26 | 12,36 | 12,3 |
| M 14 x 0,75 | 13,66 | 13,72 | 13,7 |
| M 14 x 1 | 13,52 | 13,6 | 13,5 |
| M 14 x 1,25 | 13,4 | 13,49 | 13,4 |
| M 14 x 1,5 | 13,26 | 13,36 | 13,3 |
| M 15 x 0,75 | 14,66 | 14,72 | 14,7 |
| M 15 x 1 | 14,52 | 14,6 | 14,5 |
| M 15 x 1,5 | 14,26 | 14,36 | 14,3 |
| M 16 x 0,75 | 15,66 | 15,72 | 15,7 |
| M 16 x 1 | 15,52 | 15,6 | 15,5 |
| M 16 x 1,5 | 15,26 | 15,36 | 15,3 |
| M 18 x 1 | 17,52 | 17,6 | 17,5 |
| M 18 x 1,5 | 17,26 | 17,36 | 17,3 |
| M 18 x 2 | 17 | 17,15 | 17 |
| M 20 x 1 | 19,52 | 19,6 | 19,5 |
| M 20 x 1,5 | 19,26 | 19,36 | 19,3 |
| M 20 x 2 | 19 | 19,15 | 19 |
| M 22 x 1,5 | 21,26 | 21,36 | 21,3 |
| M 22 x 2 | 21 | 21,15 | 21 |
| M 24 x 1,5 | 23,26 | 23,38 | 23,3 |
| M 24 x 2 | 23,01 | 23,16 | 23 |
| M 25 x 1,5 | 24,26 | 24,38 | 24,3 |
| M 26 x 1,5 | 25,26 | 25,38 | 25,3 |
| M 27 x 2 | 26,01 | 26,16 | 26,0 |
| M 28 x 1,5 | 27,26 | 27,38 | 27,25 |
| M 30 x 1,5 | 29,26 | 29,38 | 29,25 |
| M 30 x 2 | 29,01 | 29,16 | 29,0 |

Maße in mm; P=Steigung

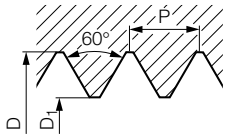


# Gewindefurchen

## Gewinde-Vorbohrdurchmesser

## UNC
## UNF

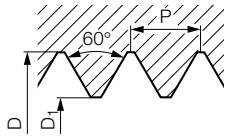
**Amerikanisches Unified-Grobgewinde UNC-2B nach ASME B1.1 bzw. ISO 5864**




| Gewinde-Nenn-ø D | P Gg./1" | Vorbohr-ø min. | Vorbohr-ø max. | Bohrer-/Senker-ø |
|---|---|---|---|---|
| Nr. 1 | 64 | 1,67 | | 1,67 |
| Nr. 2 | 56 | 1,96 | 2,0 | 1,97 |
| Nr. 3 | 48 | 2,26 | 2,3 | 2,26 |
| Nr. 4 | 40 | 2,53 | 2,58 | 2,55 |
| Nr. 5 | 40 | 2,86 | 2,91 | 2,87 |
| Nr. 6 | 32 | 3,11 | 3,17 | 3,1 |
| Nr. 8 | 32 | 3,77 | 3,83 | 3,8 |
| Nr. 10 | 24 | 4,29 | 4,37 | 4,3 |
| Nr. 12 | 24 | 4,94 | 5,02 | 4,95 |
| 1/4 | 20 | 5,70 | 5,80 | 5,75 |
| 5/16 | 18 | 7,21 | 7,31 | 7,25 |
| 3/8 | 16 | 8,71 | 8,81 | 8,75 |
| 7/16 | 14 | 10,16 | 10,30 | 10,2 |
| 1/2 | 13 | 11,68 | 11,83 | 11,7 |
| 9/16 | 12 | 13,18 | 13,33 | 13,2 |
| 5/8 | 11 | 14,66 | 14,84 | 14,7 |
| 3/4 | 10 | 17,70 | 17,90 | 17,8 |
| 7/8 | 9 | 20,75 | 20,97 | 20,8 |
| 1" | 8 | 23,73 | 23,98 | 23,8 |

Maße in mm

**Amerikanisches Unified-Feingewinde UNF-2B nach ASME B1.1 bzw. ISO 5864**

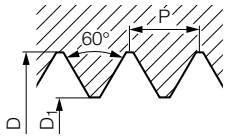



| Gewinde-Nenn-ø D | P Gg./1" | Vorbohr-ø min. | Vorbohr-ø max. | Bohrer-/Senker-ø |
|---|---|---|---|---|
| Nr. 0 | 80 | 1,38 | | 1,38 |
| Nr. 1 | 72 | 1,69 | | 1,7 |
| Nr. 2 | 64 | 2,0 | | 2,0 |
| Nr. 3 | 56 | 2,29 | 2,33 | 2,3 |
| Nr. 4 | 48 | 2,59 | 2,63 | 2,6 |
| Nr. 5 | 44 | 2,89 | 2,94 | 2,9 |
| Nr. 6 | 40 | 3,19 | 3,24 | 3,2 |
| Nr. 8 | 36 | 3,82 | 3,87 | 3,85 |
| Nr. 10 | 32 | 4,43 | 4,49 | 4,45 |
| Nr. 12 | 28 | 5,03 | 5,1 | 5,05 |
| 1/4 | 28 | 5,9 | 5,97 | 5,9 |
| 5/16 | 24 | 7,41 | 7,49 | 7,45 |
| 3/8 | 24 | 9,0 | 9,08 | 9,0 |
| 7/16 | 20 | 10,47 | 10,57 | 10,5 |
| 1/2 | 20 | 12,05 | 12,15 | 12,1 |
| 9/16 | 18 | 13,57 | 13,67 | 13,6 |
| 5/8 | 18 | 15,15 | 15,25 | 15,2 |
| 3/4 | 16 | 18,24 | 18,35 | 18,3 |
| 7/8 | 14 | 21,29 | 21,43 | 21,3 |
| 1" | 12 | 24,3 | 24,45 | 24,3 |

Maße in mm

## UNEF

**Amerikanisches Unified-Extra-Feingewinde UNEF-2B nach ASME B1.1 bzw. ISO 5864**




| Gewinde-Nenn-ø D | P Gg./1" | Vorbohr-ø min. | Vorbohr-ø max. | Bohrer-/Senker-ø |
|---|---|---|---|---|
| Nr. 12 | 32 | 5,10 | 5,16 | 5,1 |
| 1/4 | 32 | 5,96 | 6,02 | 5,95 |
| 5/16 | 32 | 7,55 | 7,61 | 7,55 |
| 3/8 | 32 | 9,14 | 9,20 | 9,15 |
| 7/16 | 28 | 10,67 | 10,74 | 10,7 |
| 1/2 | 28 | 12,26 | 12,33 | 12,3 |
| 9/16 | 24 | 13,76 | 13,84 | 13,8 |
| 5/8 | 24 | 15,35 | 15,43 | 15,4 |
| 11/16 | 24 | 16,94 | 17,02 | 17 |
| 3/4 | 20 | 18,41 | 18,51 | 18,4 |
| 13/16 | 20 | 20,00 | 20,10 | 20 |
| 7/8 | 20 | 21,59 | 21,69 | 21,6 |
| 15/16 | 20 | 23,18 | 23,28 | 23,2 |
| 1" | 20 | 24,77 | 24,87 | 24,8 |

Maße in mm

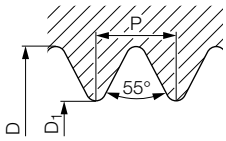


## Gewinde-Vorbohrdurchmesser

BSW

G

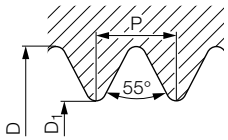
### Whitworth-Gewinde BSW nach BS 84




| Gewinde-Nenn-ø D | Gg./1" | Vorbohr-ø min. | Vorbohr-ø max. | Bohrer-/Senker-ø |
|---|---|---|---|---|
| 1/16 | 60 | 1,39 | 1,42 | 1,4 |
| 3/32 | 48 | 2,12 | 2,16 | 2,12 |
| 1/8 | 40 | 2,86 | 2,91 | 2,87 |
| 5/32 | 32 | 3,56 | 3,62 | 3,57 |
| 3/16 | 24 | 4,20 | 4,28 | 4,2 |
| 7/32 | 24 | 5,00 | 5,08 | 5 |
| 1/4 | 20 | 5,67 | 5,77 | 5,7 |
| 5/16 | 18 | 7,18 | 7,29 | 7,2 |
| 3/8 | 16 | 8,66 | 8,79 | 8,7 |
| 7/16 | 14 | 10,12 | 10,26 | 10,2 |
| 1/2 | 12 | 11,54 | 11,71 | 11,6 |
| 9/16 | 12 | 13,12 | 13,29 | 13,2 |
| 5/8 | 11 | 14,60 | 14,78 | 14,7 |
| 3/4 | 10 | 17,64 | 17,84 | 17,7 |

Maße in mm

### Rohrgewinde nach DIN EN ISO 228*) G = PF




| Gewinde-Nenngr. D | Gg./1" | Vorbohr-ø min. | Vorbohr-ø max. | Bohrer-/Senker-ø |
|---|---|---|---|---|
| G 1/16 | 28 | 7,25 | 7,32 | 7,25 |
| G 1/8 | 28 | 9,25 | 9,32 | 9,25 |
| G 1/4 | 19 | 12,43 | 12,53 | 12,5 |
| G 3/8 | 19 | 15,94 | 16,04 | 16,0 |
| G 1/2 | 14 | 19,96 | 20,1 | 20,0 |
| G 5/8 | 14 | 21,92 | 22,08 | 22,0 |
| G 3/4 | 14 | 25,45 | 25,6 | 25,5 |
| G 7/8 | 14 | 29,2 | 29,35 | 29,25 |
| G 1" | 11 | 31,97 | 32,15 | 32,0 |

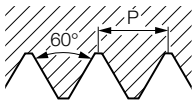
*) für nicht im Gewinde dichtende Verbindungen

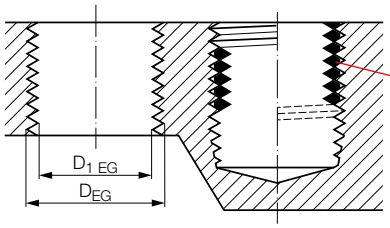
Maße in mm

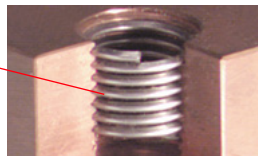
9

EG M

### Metrisches EG-Regelgewinde für Gewindedrahteinsätze DIN 8140



| EG-Gewinde Nenn-größe | P | ø $D_{EG}$ min. | Vorbohr-ø min. | Vorbohr-ø max. | Bohrer-Senker-ø |
|---|---|---|---|---|---|
| EG M 2 | 0,4 | 2,520 | 2,35 | 2,38 | 2,35 |
| EG M 2,2 | 0,45 | 2,784 | 2,58 | 2,62 | 2,6 |
| EG M 2,5 | 0,45 | 3,084 | 2,88 | 2,92 | 2,9 |
| EG M 3 | 0,5 | 3,650 | 3,42 | 3,47 | 3,4 |
| EG M 3,5 | 0,6 | 4,280 | 4,01 | 4,06 | 4 |
| EG M 4 | 0,7 | 4,910 | 4,59 | 4,64 | 4,6 |
| EG M 4,5 | 0,75 | 5,474 | 5,12 | 5,18 | 5,1 |
| EG M 5 | 0,8 | 6,040 | 5,67 | 5,72 | 5,7 |
| EG M 6 | 1 | 7,300 | 6,81 | 6,89 | 6,8 |
| EG M 7 | 1 | 8,300 | 7,81 | 7,89 | 7,8 |
| EG M 8 | 1,25 | 9,624 | 9,01 | 9,10 | 9 |
| EG M 10 | 1,5 | 11,948 | 11,20 | 11,30 | 11,2 |
| EG M 11 | 1,5 | 12,948 | 12,20 | 12,30 | 12,2 |
| EG M 12 | 1,75 | 14,274 | 13,39 | 13,52 | 13,4 |
| EG M 14 | 2 | 16,598 | 15,60 | 15,75 | 15,6 |
| EG M 16 | 2 | 18,598 | 17,60 | 17,75 | 17,6 |
| EG M 18 | 2,5 | 21,248 | 19,97 | 20,15 | 20 |
| EG M 20 | 2,5 | 23,248 | 21,97 | 22,15 | 22 |

Maße in mm; P=Steigung



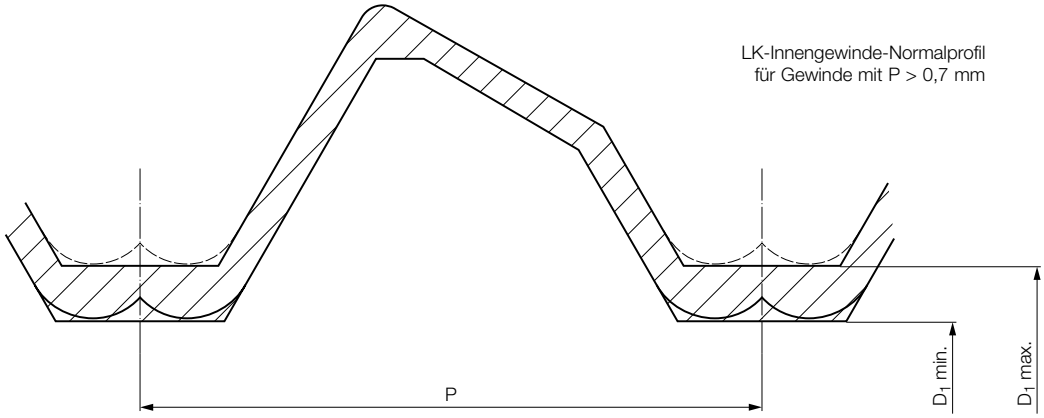
# Gewindefurchen

## Gewinde-Vorbohrdurchmesser

### EMUGE-SELF-LOCK-Gewinde

**Metrisches LK-Regel- und Feingewinde**

**Zur Beachtung:**
Die Herstellung von gefurchten SELF-LOCK-Innengewinden mittels EMUGE-Gewindefurchern erfordert spezielle Vorbohrdurchmesser und ist an gewisse werkstoffliche Voraussetzungen gebunden. Entscheidend ist dabei eine gute Verformbarkeit des Werkstück-Werkstoffes. Das LK-Innengewinde wird mit den präzisen EMUGE-Gewindebohrern oder -Gewindefurchern hergestellt. Diese haben die erforderliche Profilgenauigkeit. Beim Gewindefurchen entstehen am Kerndurchmesser nicht ausgeformte Gewindespitzen. Diese Form ist für gefurchte Gewinde typisch und deshalb zu akzeptieren.
Die in den nachfolgenden Tabellen angegebenen Grenzmaße für den Innengewinde-Kerndurchmesser $D_1$ dürfen auf keinen Fall überschritten werden, da sonst mit einer Beeinträchtigung der Funktionssicherheit des SELF-LOCK-Systems gerechnet werden muss. Gepaart wird das LK-Innengewinde mit einem Metrischen ISO-Außengewinde Toleranzfeld „6g“.
Gewinde-Grenzmaße des Außengewindes nach DIN 13-20 und -21 (siehe **Kapitel 15.2.3**) und folgende sind genau einzuhalten!



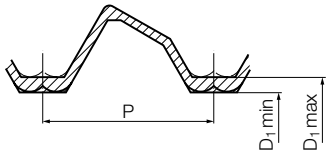




## Gewinde-Vorbohrdurchmesser

### Metrisches SELF-LOCK-Regelgewinde für Gewinde mit P > 0,7 mm

LK-M




➤ *Bei LK-Gewinden ist die Profilstellung zu beachten!*

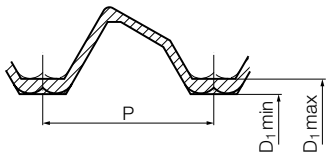
| Gewinde- Nenn-ø | P | ø $D_1$ min. | ø $D_1$ max. | Vorbohr-ø[1] (Empfehlung) min. | Vorbohr-ø[1] (Empfehlung) max. | Bohrer-/ Senker-ø [1] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| LK-M 4,5 | 0,75 | 3,866 | 4,101 | 4,28 | 4,34 | 4,3 |
| LK-M 5 | 0,8 | 4,324 | 4,574 | 4,77 | 4,83 | 4,8 |
| LK-M 6 | 1 | 5,152 | 5,465 | 5,70 | 5,78 | 5,7 |
| LK-M 7 | 1 | 6,152 | 6,465 | 6,70 | 6,78 | 6,7 |
| LK-M 8 | 1,25 | 6,931 | 7,322 | 7,58 | 7,68 | 7,6 |
| LK-M 9 | 1,25 | 7,931 | 8,322 | 8,58 | 8,68 | 8,6 |
| LK-M 10 | 1,5 | 8,700 | 9,170 | 9,48 | 9,58 | 9,5 |
| LK-M 11 | 1,5 | 9,700 | 10,170 | 10,48 | 10,58 | 10,5 |
| LK-M 12 | 1,75 | 10,477 | 11,024 | 11,36 | 11,50 | 11,4 |
| LK-M 14 | 2 | 12,237 | 12,863 | 13,24 | 13,40 | 13,25 |
| LK-M 16 | 2 | 14,237 | 14,863 | 15,24 | 15,40 | 15,25 |
| LK-M 18 | 2,5 | 15,787 | 16,569 | 17,00 | 17,18 | 17 |
| LK-M 20 | 2,5 | 17,787 | 18,569 | 19,00 | 19,18 | 19 |
| LK-M 22 | 2,5 | 19,787 | 20,569 | 21,00 | 21,18 | 21 |
| LK-M 24 | 3 | 21,320 | 22,259 | 22,76 | 23,00 | 22,8 |
| LK-M 27 | 3 | 24,320 | 25,259 | 25,76 | 26,00 | 25,8 |

[1] Die hier empfohlenen Vorbohrdurchmesser sind Richtwerte und nur für die spanlose Innengewindeherstellung geeignet.

Maße in mm; P=Steigung

### Metrisches SELF-LOCK-Feingewinde für Gewinde mit P > 0,7 mm

LK-MF




➤ *Bei LK-Gewinden ist die Profilstellung zu beachten!*

| Gewinde- Nenn-ø | x | P | ø $D_1$ min. | ø $D_1$ max. | Vorbohr-ø[1] (Empfehlung) min. | Vorbohr-ø[1] (Empfehlung) max. | Bohrer-/ Senker-ø [1] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LK-M 8 | x | 1 | 7,152 | 7,465 | 7,70 | 7,78 | 7,7 |
| LK-M 10 | x | 1 | 9,152 | 9,465 | 9,70 | 9,78 | 9,7 |
| LK-M 12 | x | 1 | 11,152 | 11,465 | 11,70 | 11,78 | 11,7 |
| LK-M 10 | x | 1,25 | 8,931 | 9,322 | 9,58 | 9,68 | 9,6 |
| LK-M 12 | x | 1,25 | 10,931 | 11,322 | 11,60 | 11,70 | 11,6 |
| LK-M 12 | x | 1,5 | 10,700 | 11,170 | 11,49 | 11,59 | 11,5 |
| LK-M 16 | x | 1,5 | 14,700 | 15,170 | 15,49 | 15,59 | 15,5 |
| LK-M 20 | x | 1,5 | 18,700 | 19,170 | 19,49 | 19,59 | 19,5 |
| LK-M 24 | x | 1,5 | 22,700 | 23,170 | 23,49 | 23,61 | 23,5 |
| LK-M 30 | x | 1,5 | 28,700 | 29,170 | 29,49 | 29,61 | 29,5 |
| LK-M 18 | x | 2 | 16,237 | 16,863 | 17,24 | 17,40 | 17,25 |
| LK-M 20 | x | 2 | 18,237 | 18,863 | 19,24 | 19,40 | 19,25 |
| LK-M 24 | x | 2 | 22,237 | 22,863 | 23,25 | 23,41 | 23,25 |
| LK-M 30 | x | 2 | 28,237 | 28,863 | 29,25 | 29,41 | 29,25 |

[1] Die hier empfohlenen Vorbohrdurchmesser sind Richtwerte und nur für die spanlose Innengewindeherstellung geeignet.

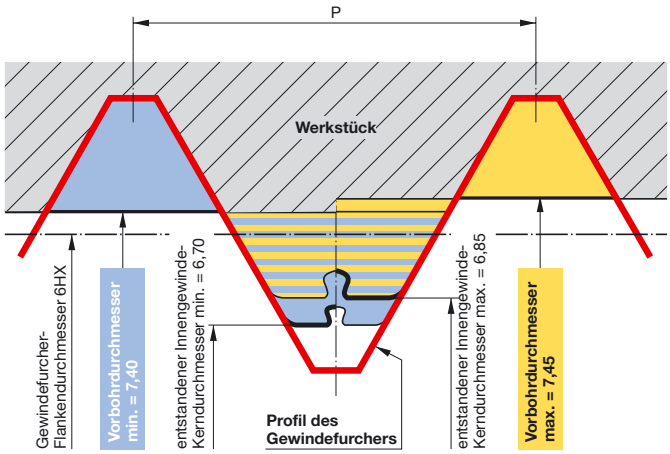
Maße in mm; P=Steigung



# Gewindefurchen

## 9.4.5 Einfluss des Vorbohrdurchmessers auf den Innengewinde-Kerndurchmesser

Gewindefurchen erfordert spezielle Vorbohrdurchmesser. Diese sind abhängig von der Verformbarkeit des zu bearbeitenden Werkstoffs, der Werkzeuggeometrie und der gewünschten Tragtiefe des Gewindes. Zur Orientierung dienen die Tabellen der empfohlenen Vorbohrdurchmesser auf den vorhergehenden Seiten. Wenn möglich, sollte der Größtdurchmesser angestrebt werden. Dadurch erhöht sich die Standzeit des Werkzeugs und sinkt das Drehmoment. Auch bei 50% Tragtiefe erreicht man infolge des ununterbrochenen Faserverlaufs noch eine ausreichende Belastbarkeit des Gewindes. Es ist zu beachten, dass der Vorbohrdurchmesser den entstehenden Innengewinde-Kerndurchmesser beeinflusst, wie folgendes Beispiel zeigt:




| | | |
|---|---|---|
| Werkzeug: | GFU-1 Drück-S-TIN M8-6HX | |
| Werkstück: | Material: | 1.4571 |
| | Gewinde: | M8-ISO 2/6H |
| | Gewindetiefe: | 2 x $d_1$ |
| Einsatz: | Schnittgeschwindigkeit | $v_c$ = 6,4 m/min |
| | Drehzahl | n = 255 $min^{-1}$ |
| | Schmiermittel: | EMUGE-Schneidöl Nr. 5 |

| Vorbohrdurchmesser | Drehmoment | entstandener Innengewinde-Kerndurchmesser |
|---|---|---|
| min. = 7,40 mm | 11,3 Nm | min. = 6,70 mm |
| max. = 7,45 mm | 10,0 Nm | max. = 6,85 mm |

Für durch Gewindefurchen hergestellte Gewinde gelten deshalb andere Toleranzen für den Innengewinde-Kerndurchmesser. Bei Metrischen Gewinden ist z.B. bei einer 6H-Toleranz für den Flankendurchmesser eine Toleranz von 7H für den Innengewinde-Kerndurchmesser zulässig. Dies wird in der DIN 13-50 geregelt.

### DIN 13-50 (Auszug)

**1. Anwendungsbereich**

Diese Norm legt Gewindetoleranzen für durch Gewindefurchen (siehe DIN 8583-5) herzustellende Innengewinde fest. Das Fertigungsverfahren Gewindefurchen ist vorzugsweise für Regelgewinde M3 bis M16 und Feingewinde M8 x 1 bis M30 x 2 nach DIN ISO 262 anwendbar. Die übrigen in DIN ISO 965-2 enthaltenen Gewinde mit kleineren Durchmessern und solche mit relativ feiner Steigung sind zum Gewindefurchen nur bedingt geeignet.

**2. Toleranzklassen, Grenzmaße, Toleranzen**

Für durch Gewindefurchen hergestellte Innengewinde der Einschraubgruppe N und der Toleranzklasse mittel nach DIN ISO 965-1 wird für den Flankendurchmesser die Toleranzklasse 6H und für den Kerndurchmesser die Toleranzklasse 7H festgelegt. Grenzabmaße und Toleranzen nach Tabelle auf Seite 319.

**Anmerkung:** In der industriellen Praxis werden für Innengewinde, die nach dem Gewindefurchen mit einer Schutzschicht versehen werden sollen, häufig die Toleranzklassen 6G für den Flankendurchmesser und 7G für den Kerndurchmesser angewandt. Durch die Wahl dieser Toleranzklassen verringert sich die Flankenüberdeckung mit einer handelsüblichen Schraube. Dadurch wird die Abstreiffestigkeit reduziert. Für kraftführende Gewindeverbindungen sollte diese Kombination von Toleranzklassen nur dann verwendet werden, wenn eine für den vorgesehenen Verwendungszweck ausreichende Festigkeit durch Versuche gesichert ist.



### 3. Bezeichnung, Zeichnungsangabe

Ergänzend zu den entsprechenden Festlegungen in DIN ISO 965-1 wird ein gefurchtes Innengewinde mit dem in Abschnitt 2 festgelegten Toleranzfeldern wie folgt bezeichnet:

Beispiel für ein Feingewinde M20 x 2:

M 20 x 2 – 6H 7H – gefurcht

Gewinde-Kennbuchstabe für Metrisches ISO-Gewinde

Gewindemaße (Außendurchmesser x Steigung)

Toleranzfeld für Flankendurchmesser

Toleranzfeld für den Kerndurchmesser

### 4. Prüfung

Zur Prüfung des Gewinde-Flankendurchmessers können handelsübliche Gewinde-Grenzlehrdorne mit Toleranzfeld 6H, zur Prüfung des Gewinde-Kerndurchmessers Grenzlehrdorne mit Toleranzfeld 7H, verwendet werden, wobei die Ausschussseite des Gewinde-Grenzlehrdorns zylindrisch sein muss.

### Grenzabmaße und Toleranzen für Metrisches ISO-Regelgewinde

| Gewinde-Kurzzeichen | Flankendurchmesser bei Toleranzfeld 6H | | Kerndurchmesser bei Toleranzfeld 7H | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | $D_2$ min. | $D_2$ max. | $D_1$ min. | $D_1$ max. | Toleranz in µm |
| M 3 | 2,675 | 2,775 | 2,459 | 2,639 | 180 |
| M 3,5 | 3,110 | 3,222 | 2,850 | 3,050 | 200 |
| M 4 | 3,545 | 3,663 | 3,242 | 3,466 | 224 |
| M 5 | 4,480 | 4,605 | 4,134 | 4,384 | 250 |
| M 6 | 5,350 | 5,500 | 4,917 | 5,217 | 300 |
| M 7 | 6,350 | 6,500 | 5,917 | 6,217 | 300 |
| M 8 | 7,188 | 7,348 | 6,647 | 6,982 | 335 |
| M 10 | 9,026 | 9,206 | 8,376 | 8,751 | 375 |
| M 12 | 10,863 | 11,063 | 10,106 | 10,531 | 425 |
| M 14 | 12,701 | 12,913 | 11,835 | 12,310 | 475 |
| M 16 | 14,701 | 14,913 | 13,835 | 14,310 | 475 |

### Grenzabmaße und Toleranzen für Metrisches ISO-Feingewinde

| Gewinde-Kurzzeichen | Flankendurchmesser bei Toleranzfeld 6H | | Kerndurchmesser bei Toleranzfeld 7H | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | $D_2$ min. | $D_2$ max. | $D_1$ min. | $D_1$ max. | Toleranz in µm |
| M 8 x 1 | 7,350 | 7,500 | 6,917 | 7,217 | 300 |
| M 10 x 1 | 9,350 | 9,500 | 8,917 | 9,217 | 300 |
| M 10 x 1,25 | 9,188 | 9,348 | 8,647 | 8,982 | 335 |
| M 12 x 1,25 | 11,188 | 11,368 | 10,647 | 10,982 | 335 |
| M 12 x 1,5 | 11,026 | 11,216 | 10,376 | 10,751 | 375 |
| M 14 x 1,5 | 13,026 | 13,216 | 12,376 | 12,751 | 375 |
| M 16 x 1,5 | 15,026 | 15,216 | 14,376 | 14,751 | 375 |
| M 18 x 1,5 | 17,026 | 17,216 | 16,376 | 16,751 | 375 |
| M 18 x 2 | 16,701 | 16,913 | 15,835 | 16,310 | 475 |
| M 20 x 1,5 | 19,026 | 19,216 | 18,376 | 18,751 | 375 |
| M 20 x 2 | 18,701 | 18,913 | 17,835 | 18,310 | 475 |
| M 22 x 1,5 | 21,026 | 21,216 | 20,376 | 20,751 | 375 |
| M 22 x 2 | 20,701 | 20,913 | 19,835 | 20,310 | 475 |
| M 24 x 2 | 22,701 | 22,925 | 21,835 | 22,310 | 475 |
| M 27 x 2 | 25,701 | 25,925 | 24,835 | 25,310 | 475 |
| M 30 x 2 | 28,701 | 28,925 | 27,835 | 28,310 | 475 |

Maße in mm



# Gewindefurchen

## 9.5 Richtwerte für die Umfangsgeschwindigkeit

| Hauptgruppe / Untergruppe | | | Beispiel | Nr. | Zugfestigkeit Rm [N/mm²] Härte [HB/HRC/HV] |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | **Stahlwerkstoffe** | | | | |
| 1.1 | Kaltfließpressstähle, Magnetweicheisen | ≤ 400 N/mm² | Q-St37-3<br>R-Fe80 | 1.0123<br>1.1014 | |
| 1.2 | Automatenstähle, Allgemeine Baustähle | ≤ 600 N/mm² | 9SMnPb28<br>St37-2 | 1.0718<br>1.0037 | 500-700 N/mm²<br>340-470 N/mm² |
| 1.3 | Automatenstähle, Baustähle, Legierte Stähle, Stahlguss | ≤ 850 N/mm² | St70-2<br>GS-25CrMo4 | 1.0070<br>1.7218 | 700-900 N/mm²<br>650-950 N/mm² |
| 1.4 | Einsatzstähle, Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Kaltarbeitsstähle | ≤ 1100 N/mm² | 16MnCr5<br>Ck45<br>100Cr6 | 1.7131<br>1.1191<br>1.3505 | 500-700 N/mm²<br>600-800 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 1.5 | Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Warmarbeitsstähl, Gehärtete Stähle ≤ 44 HRC, Kaltarbeitsstähle | ≤ 1400 N/mm² | 42CrMo4V<br>X30WCrV5-3<br>X38CrMoV5-3<br>X155CrVMo12-1 | 1.7225<br>1.2567<br>1.2367<br>1.2379 | 1200-1400 N/mm²<br>1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm² |
| 1.6 | Gehärtete Stähle | > 44 - 55 HRC | 55NiCrMoV6 | 1.2713 | 47-52 HRC |
| 1.7 | Gehärtete Stähle | > 55 - 60 HRC | 45WCrV7 | 1.2542 | 56-57 HRC |
| 1.8 | Gehärtete Stähle | > 60 - 63 HRC | X155CrVMo12-1 | 1.2379 | 60-63 HRC |
| 1.9 | Gehärtete Stähle | > 63 - 66 HRC | X210CrW12 | 1.2436 | 63-64 HRC |
| 1.10 | Rostbeständige Stähle, Säurebeständige Stähle, Hitzebeständige Stähle | ≤ 850 N/mm² | X10NiCrAlTi32-20 [INCOLOY800]<br>X12CrNiTi18-9<br>X6CrNiMoTi17-12-2 | 1.4876<br>1.4878<br>1.4571 | 610-850 N/mm²<br>500-700 N/mm²<br>500-730 N/mm² |
| 1.11 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1100 N/mm² | X45SiCr4 | 1.4704 | 900-1100 N/mm² |
| 1.12 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1400 N/mm² | X5NiCrTi26-15 | 1.4980 | 1200 N/mm² |
| 1.13 | Stahl-Sonderwerkstoffe | | FerroTiC<br>Hardox500 | | 800-900 N/mm²<br>1300-1400 N/mm² |
| **2** | **Gusswerkstoffe** | | | | |
| 2.1 | Gusseisen | | GG 20<br>GG 30 | 0.6020<br>0.6030 | 120-220 HB<br>220-270 HB |
| 2.2 | Gusseisen mit Kugelgraphit | | GGG 40<br>GGG 70 | 0.7040<br>0.7070 | 400 N/mm²<br>700-1050 N/mm² |
| 2.3 | Gusseisen mit Vermikulargraphit | | GGV(80%Perlit)<br>GGV(100%Perlit) | | 220 HB<br>230 HB |
| 2.4 | Temperguss | | GTW 40<br>GTS 65 | 0.8040<br>0.8165 | 360-420 N/mm²<br>580-650 N/mm² |
| 2.5 | Hartguss | ≤ 400 HB | | | -400 HB |
| **3** | **Kupfer, Kupferlegierungen, Bronze, Messing** | | | | |
| 3.1 | Reinkupfer und niedrigleg. Kupfer | ≤ 500 N/mm² | E-Cu | 2.0060 | 250-350 N/mm² |
| 3.2 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) | | CuZn40 [Ms60]<br>CuZn37 [Ms63] | 2.0360<br>2.0321 | 340-490 N/mm²<br>310-550 N/mm² |
| 3.3 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) | | CuZn39Pb2 [Ms58] | 2.0380 | 380-500 N/mm² |
| 3.4 | Kupfer-Alu-Legierungen (Alubronze langspanend)<br>Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze langspanend) | | CuAl10Ni | 2.0966 | 500-800 N/mm² |
| 3.5 | Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze kurzspanend) | | GCuSn5ZnPb [Rg5]<br>GCuSn7ZnPb [Rg7] | 2.1096<br>2.1090 | 150-300 N/mm²<br>150-300 N/mm² |
| 3.6 | Kupfer-Sonderlegierungen bis Q18 | | Ampco16 | | 630 N/mm² |
| 3.7 | Kupfer-Sonderlegierungen über Q18 | | Ampco20 | | 600 N/mm² |
| **4** | **Nickel-/Kobalt-Legierungen** | | | | |
| 4.1 | Nickel-/Kobalt-Leg. warmfest | ≤ 850 N/mm² | NiCu30Fe [MONEL400] | 2.4360 | 420-610 N/mm² |
| 4.2 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest | 850-1400 N/mm² | NiCr19NbMo [INCONEL718] | 2.4668 | 850-1190 N/mm² |
| 4.3 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest | >1400 N/mm² | Haynes 25 (L605) | | 1550-2000 N/mm² |
| **5** | **Aluminiumlegierungen** | | | | |
| 5.1 | Alu-Knetlegierungen | | Al 99,5 [F13]<br>AlCuMg1 [F39] | 3.0255<br>3.1325 | 100-250 N/mm²<br>300-500 N/mm² |
| 5.2 | Alu-Gusslegierungen Si ≤ 5% | | G-AlMg3 | 3.3541 | 130-190 N/mm² |
| 5.3 | Alu-Gusslegierungen 5% < Si ≤ 12% | | GD-AlSi9Cu3<br>GD-AlSi12 | 3.2163<br>3.2582 | 240-310 N/mm²<br>220-300 N/mm² |
| 5.4 | Alu-Gusslegierungen 12% < Si | | G-AlSi17Cu4 | | 180-250 N/mm² |
| **6** | **Magnesiumlegierungen** | | | | |
| 6.1 | Magnesium-Knetlegierungen | | MgAl6 | 3.5662 | 300-500 N/mm² |
| 6.2 | Magnesium-Gusslegierungen | | GMgAl9Zn1 | 3.5912 | 300-500 N/mm² |
| **7** | **Titan, Titanlegierungen** | | | | |
| 7.1 | Reintitan, Titanlegierungen | ≤ 900 N/mm² | Ti3 [Ti99.4]<br>TiAl6V4 | 3.7055<br>3.7164 | 700 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 7.2 | Titanlegierungen | 900-1250 N/mm² | TiAl4Mo4Sn2 | 3.7185 | 900-1250 N/mm² |
| **8** | **Kunststoffe** | | | | |
| 8.1 | Duroplaste (kurzspanend) | | BAKELIT | | 110 N/mm² |
| 8.2 | Thermoplaste (langspanend) | | HOSTALEN | | 80 N/mm² |
| 8.3 | Faserverstärkte Kunststoffe | | CFK / GFK / AFK | | 800-1500 N/mm² |
| **9** | **Werkstoffe für bes. Anwendungen** | | | | |
| 9.1 | Graphit | | C-8000 | | 60 N/mm² |
| 9.2 | Wolfram-Kupfer-Legierungen | | W-Cu 80/20 | | 230-250 HV |





| Umfangsgeschwindigkeit $v_c$ [m/min] | | |
|---|---|---|
| HSS-E | | VHM/KHM |
| Blank-/ mit Oberflächen-behandlung | mit Hartstoff-Schicht | |
| | | |
| — | 10 - 50 | — |
| — | 10 - 50 | — |
| 5 - 25 | 10 - 30 | — |
| — | 5 - 20 | 15 - 40 |
| — | 2 - 10 | 10 - 25 |
| — | — | — |
| — | — | — |
| — | — | — |
| — | — | — |
| — | 5 - 20 | — |
| — | 5 - 15 | 10 - 25 |
| — | 2 - 10 | 2 - 10 |
| — | — | — |
| | | |
| — | — | — |
| — | — | — |
| — | — | — |
| — | — | — |
| — | — | — |
| | | |
| 5 - 25 | 10 - 50 | — |
| 5 - 25 | 10 - 50 | — |
| — | — | — |
| — | 5 - 20 | — |
| — | — | — |
| — | — | — |
| — | — | — |
| | | |
| — | 5 - 20 | — |
| — | 2 - 10 | — |
| — | — | — |
| | | |
| 5 - 25 | 10 - 50 | — |
| — | 10 - 50 | 20 - 60 |
| — | 10 - 50 | 20 - 60 |
| — | — | — |
| | | |
| — | — | — |
| — | — | — |
| | | |
| — | 5 - 15 | — |
| — | 2 - 10 | — |
| | | |
| — | — | — |
| — | — | — |
| — | — | — |
| | | |
| — | — | — |
| — | — | — |

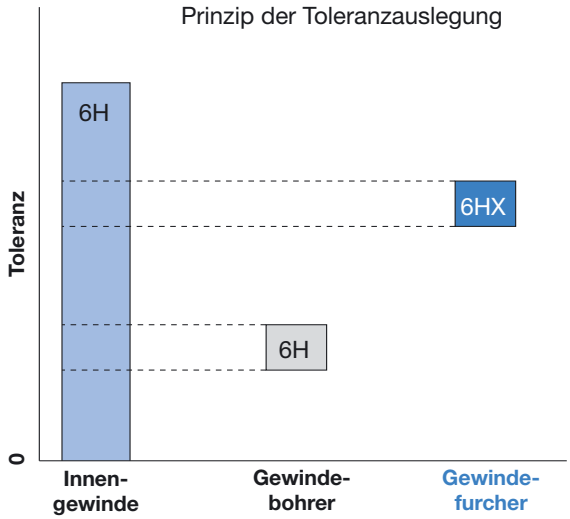


# Gewindefurchen

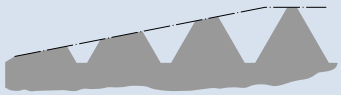
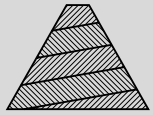
## 9.6 Hinweise zur Geometrie von Gewindefurchern

### 9.6.1 Toleranzen des Gewindeteils

Das Gewindeteil des Furchers wird im Vergleich zum Gewindebohrer mit einer erhöhten Toleranzlage ausgelegt. Der Furcher wird auf Grund von zwei Eigenschaften auf die Toleranz 6HX ausgelegt. Zum einen „schneidet“ der Gewindefurcher nicht auf, d.h., das erzeugte Gewinde ist nie größer als das Gewindeteil des Furchers. Zum anderen federn die Werkstoffe nach der plastischen Verformung um den elastischen Anteil zurück. Das erzeugte Gewinde ist deshalb kleiner als der Gewindeteil des Furchers. Der Furcher lässt sich nach dem Gewindefurchen nicht nochmals von Hand in das Gewinde eindrehen, was beim Gewindebohren meist problemlos möglich ist. Darum ist es möglich und nötig, das Gewindeteil näher an die obere Toleranzgrenze des Innengewindes zu legen.




### 9.6.2 Anfurchbereich in Vergleich zum Anschnitt beim Gewindebohrer

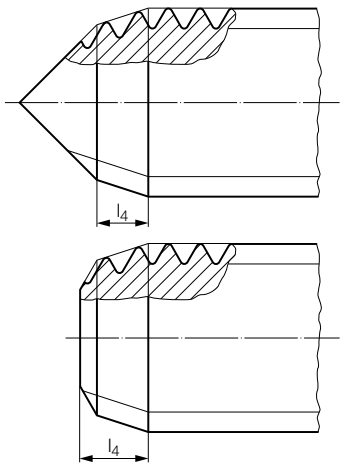
| Typ | Skizze | Beschreibung | Aufteilung |
|---|---|---|---|
| **Anschnitt beim Gewindebohrer** |  | Gewindezähne schräg abgeschliffen | Spanaufteilung:  |
| **Anfurchkegel beim Gewindefurcher** |  | Vollständige Gewindezähne steigen im Durchmesser an | Umformbereich:  |

### 9.6.3 Anfurchkegelform und Anfurchkegellänge

| Anfurchkegelform | Anfurchkegellänge $l_4$ in Gängen |
|---|---|
| C | über 2 bis 3 |
| D | über 3,5 bis 5,5 |
| E[1)] | 1,5 bis 2 |

Bei Ausführungen ohne Vollspitze schließt die Anfurchkegellänge $l_4$ die Fase am Anfurchkegel ein.

[1)] Anfurchkegelform E möglichst vermeiden.





## 9.7 Fehler, Ursachen und Abhilfe

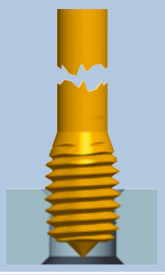
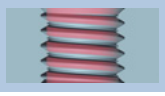
| festgestellter Fehler | eventuelle Ursache | Abhilfe |
|---|---|---|
| Gewinde nicht voll ausgeformt (siehe Bild 1)  | • Vorbohrdurchmesser zu groß | • geeigneten Vorbohrdurchmesser aus der entsprechenden Tabelle (siehe **Kapitel 9.4.4**) entnehmen |
| Gewinde überformt (siehe Bild 2)  | • Vorbohrdurchmesser zu klein | • Vorbohrdurchmesser vergrößern<br>• geeigneten Vorbohrdurchmesser aus der entsprechenden Tabelle (siehe **Kapitel 9.4.4**) entnehmen |
| Gewindeoberfläche unsauber, Gewindeflanken ausgerissen (siehe Bild 3)  | • Kühlschmierung in Zusammensetzung oder Zufuhr nicht ausreichend<br>• Materialhaftung am Werkzeug | • a) Schmierung ändern und für ausreichende Schmiermittel-zuführung sorgen<br>b) Werkzeug mit Ölnuten einsetzen<br>• beschichtete Werkzeuge einsetzen |
| Werkzeug-gewaltbruch (siehe Bild 4)  | • Vorbohrdurchmesser zu klein<br>• Kühlschmierung in Zusammensetzung oder Zufuhr nicht ausreichend<br>• Materialhaftung am Werkzeug | • Vorbohrdurchmesser vergrößern<br>• a) Schmierung ändern und für ausreichende Schmiermittel-zuführung sorgen<br>b) Werkzeug mit Ölnuten einsetzen<br>• beschichtete Werkzeuge einsetzen |
| Kerndurchmesser zu eng  | • Vorbohrdurchmesser zu klein | • Vorbohrdurchmesser vergrößern<br>• geeigneten Vorbohrdurchmesser aus der entsprechenden Tabelle (siehe **Kapitel 9.4.4**) entnehmen |

Bild 1

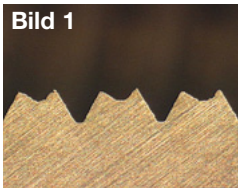


Bild 2

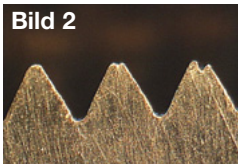


Bild 3

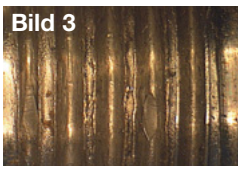
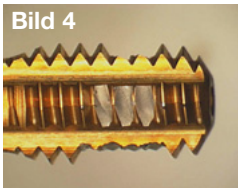


Bild 4





# Gewindefurchen

# Gewindefräsen



10


Seite

**10.1 Übersicht . . . . . 326**

**10.2 Kurzbeschreibung der EMUGE-Gewindefräser . . . . . 327**

**10.3 Nomenklatur . . . . . 342**

10.3.1 Begriffe und Benennungen am Gewindefräser . . . . . 342

10.3.2 Technische Lieferbedingungen . . . . . 343

**10.4 Verfahrensspezifische Hinweise . . . . . 346**

10.4.1 Der Gewindefräsvorgang . . . . . 346

10.4.2 Erfordernisse für das CNC-Gewindefräsen . . . . . 346

10.4.3 Grundsätzliche Fräsverfahren . . . . . 346

10.4.4 Der Gewindefräser im praktischen Einsatz . . . . . 347

10.4.5 Übersicht der Gewindefräsverfahren . . . . . 348

10.4.6 Grundlagen der CNC-Technik . . . . . 357

10.4.6.1 Rechtwinklige Koordinatenachsen an CNC-Werkzeugmaschinen, DIN 6617 . . . . . 357

10.4.6.2 Bewegungsrichtungen an CNC-Werkzeugmaschinen . . . . . 357

10.4.6.3 Programmaufbau für CNC-Maschinen, DIN 66025-1 und -2 . . . . . 358

10.4.6.4 Adressbuchstaben . . . . . 358

10.4.6.5 Wegbedingungen (G-Funktionen) . . . . . 359

10.4.6.6 Maßangaben G90 und G91 . . . . . 360

10.4.6.7 Nullpunktverschiebung G54 bis G59 . . . . . 360

10.4.6.8 Werkzeug-Radiuskorrektur und Fräser-Mittelpunktbahn G40 bis G42 . 361

10.4.6.9 Die Kreismittelpunktkoordinaten G17 bis G19 . . . . . 362

**10.5 Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit und den Vorschub . . . . . 363**

**10.6 Hinweise zur Geometrie von Gewindefräsern . . . . . 365**

10.6.1 Fräserprofile für Innen- und Außengewinde . . . . . 365

10.6.2 Profilkorrektur am Gewindefräser . . . . . 366

10.6.3 Gewindetiefe (Einschraubtiefe) - Tragtiefe . . . . . 367

10.6.4 Modifikationen an Gewindefräsern . . . . . 368

**10.7 Fehler, Ursachen und Abhilfe . . . . . 370**



# Gewindefräsen

## 10.1 Übersicht

**Verfahrensmerkmale:**

- spanendes Verfahren
- unterbrochener Schnitt
- Innen- und Außenbearbeitung
- Möglichkeit der Bohrungs- und Gewindeherstellung in einer Bearbeitung (Bohrgewindefräser, Zirkularbohrgewindefräser)
- geeignet für nahezu alle Werkstoffe
- Schneidstoffe sind vorwiegend Hartmetall, zunehmend PKD und in seltenen Fällen noch HSS-E

**Voraussetzungen:**

- 3-Achsen-CNC-Steuerung
- solide Werkzeug- und Werkstückspannung
- stabile Fräsmaschine bezogen auf herzustellende Abmessung



| Vorteile | Nachteile |
|---|---|
| • nahezu durchmesserunabhängiges Arbeiten in Abmessung und Toleranz<br>• ein Werkzeug für Rechts- und Linksgewinde<br>• keine Spanprobleme<br>• kein Umschalten der Werkzeugspindel<br>• kein axiales Verschneiden (Vorweite) der Gewinde<br>• geringer Schnittdruck auch bei dünnwandigen Werkstücken<br>• saubere Gewindeflanken<br>• Gewindetiefe bis zum Bohrungsgrund<br>• einfache Bearbeitung schwer zerspanbarer Werkstoffe<br>• ein Werkzeug für Grund- und Durchgangsloch<br>• Einsparung von Werkzeugplätzen<br>• kein Steigungsverzug<br>• kurze Hauptzeiten durch hohe Schnittgeschwindigkeit und Vorschub<br>• bei konischen Gewinden keine Spanwurzelreste<br>• hohe Positionsgenauigkeit<br>• bei Werkzeugbruch problemloses Entfernen des Werkzeugs aus dem Werkstück | • je nach Werkzeugtyp Gewindetiefen nur bis ca. 3 x D<br>• Fräserdurchmesser maximal $^{2}/_{3}$ x D oder profilkorrigierte Werkzeuge<br>• Profilabweichungen bei kleinem Gewindeprofilwinkel und grober Steigung wie z.B. bei Trapez-, Sägen- und Rundgewinden |

## 10.2 Kurzbeschreibung der EMUGE-Gewindefräser



| VHM-GF-IKZ | |
|---|---|
| Werkstoffe: | • alle |
| Beschreibung: | • VHM = Vollhartmetall<br>• steigungsgebundenes Werkzeug<br>• innere Kühlmittelzufuhr IKZ empfohlen<br>• für schwer zerspanbare Werkstoffe (auch VA oder gehärtete Stähle)<br>• für Gewindetiefen bis 1,5 x D (abhängig von Durchmesser und Typ) |
| Nutform: | gerade |
| Vorbearbeitung: | Kernloch vorbohren, Senken |
| Varianten: | • sind für alle Werkzeuge dieses Typs möglich<br>• Stirnschnitt mit Fase:<br>ermöglicht das zirkulare Ansenken oder Planspiegeln der Bohrung<br>• Halsfreischliff:<br>ermöglicht größere Gewindetiefen durch Nachsetzen<br>• zusätzliches Frästeil:<br>ermöglicht das Abnehmen des unvollständigen Ganges am Gewindeanfang<br>• für Durchgangslöcher innere Kühlmittelzufuhr mit Austritt in den Spannuten IKZN empfohlen<br>• ausgesetzte Zahnreihen AZR für eine Schnittaufteilung bei großen Gewindetiefen oder schwer zerspanbaren Werkstoffen<br>• Schaftkühlnuten |
| Oberfläche: | • blank |



| VHM-GF-IKZ-TICN | |
|---|---|
| Werkstoffe: | • alle<br>• vorzugsweise zur Bearbeitung von Stahlwerkstoffen und abrasiven Werkstoffen |
| Beschreibung: | • besserer Verschleißschutz<br>• höhere Schnittgeschwindigkeit |
| Nutform: | gerade |
| Vorbearbeitung: | Kernloch vorbohren, Senken |
| Oberfläche: | • TiCN<br>• Schichtvarianten möglich |

**Typ:** GF
Gewindefräser



**Schaft:**
DIN 6535 HA, HB, HE

**Profil:**
nicht korrigiert



# Gewindefräsen

**Typ:** GF
Gewindefräser

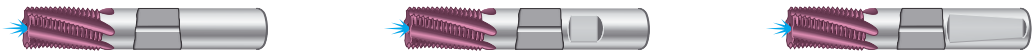


**Schaft:**
DIN 6535 HA, HB, HE

**Profil:**
nicht korrigiert



| VHM-GF-IKZ | |
|---|---|
| Werkstoffe: | • alle Werkstoffe bis ca. 1300 N/mm²; darüber gerade genutete Aufsführung empfohlen |
| Beschreibung: | • Spiralnuten sorgen für ruhigeren Lauf<br>• VHM = Vollhartmetall<br>• steigungsgebundenes Werkzeug<br>• innere Kühlmittelzufuhr IKZ empfohlen<br>• für schwer zerspanbare Werkstoffe (auch VA oder gehärtete Stähle)<br>• für Gewindetiefen bis 1,5 x D (abhängig von Durchmesser und Typ) |
| Nutform: | rechtsspiralig |
| Vorbearbeitung: | Kernloch vorbohren, Senken |
| Varianten: | • sind für alle Werkzeuge dieses Typs möglich<br>• Stirnschnitt mit Fase: ermöglicht das zirkulare Ansenken oder Planspiegeln der Bohrung<br>• Halsfreischliff: ermöglicht größere Gewindetiefen durch Nachsetzen<br>• zusätzliches Frästeil: ermöglicht das Abnehmen des unvollständigen Ganges am Gewindeanfang<br>• für Durchgangslöcher innere Kühlmittelzufuhr mit Austritt in den Spannuten IKZN empfohlen<br>• ausgesetzte Zahnreihen AZR für eine Schnittaufteilung bei großen Gewindetiefen oder schwer zerspanbaren Werkstoffen<br>• Schaftkühlnuten |
| Oberfläche: | • blank |



| VHM-GF-IKZ-TICN | |
|---|---|
| Werkstoffe: | • alle Werkstoffe bis ca. 1300 N/mm²; darüber gerade genutete Ausführung empfohlen<br>• vorzugsweise zur Bearbeitung von Stahlwerkstoffen und abrasiven Werkstoffen |
| Beschreibung: | • besserer Verschleißschutz<br>• höhere Schnittgeschwindigkeit |
| Nutform: | rechtsspiralig |
| Vorbearbeitung: | Kernloch vorbohren, Senken |
| Oberfläche: | • TiCN<br>• Schichtvarianten möglich |

# Gewindefräsen



**Typ:** GF
Gewindefräser



| VHM-GF-IKZ | für kegelige Gewinde |
|---|---|
| Werkstoffe: | • alle |
| Beschreibung: | • VHM = Vollhartmetall<br>• abmessungsgebundenes oder steigungsgebundenes Werkzeug<br>• kegeliges Gewindeteil<br>• innere Kühlmittelzufuhr IKZ empfohlen |
| Nutform: | gerade |
| Vorbearbeitung: | Kernloch vorbohren, Senken |
| Varianten: | • sind für alle Werkzeuge dieses Typs möglich<br>• für Durchgangslöcher innere Kühlmittelzufuhr mit Austritt in den Spannuten IKZN empfohlen<br>• Schaftkühlnuten |
| Oberfläche: | • blank |



| VHM-GF-IKZ-TICN | für kegelige Gewinde |
|---|---|
| Werkstoffe: | • alle<br>• vorzugsweise zur Bearbeitung von Stahlwerkstoffen und abrasiven Werkstoffen |
| Beschreibung: | • besserer Verschleißschutz<br>• höhere Schnittgeschwindigkeit |
| Nutform: | gerade |
| Vorbearbeitung: | Kernloch vorbohren, Senken |
| Oberfläche: | • TiCN<br>• Schichtvarianten möglich |



**Schaft:**
DIN 6535 HA, HB, HE

**Profil:**
korrigiert



# Gewindefräsen

**Typ:** GF
Gewindefräser



**Schaft:**
DIN 6535 HA, HB, HE

**Profil:**
korrigiert



| VHM-GF-IKZ | für kegelige Gewinde |
|---|---|
| Werkstoffe: | • alle Werkstoffe bis ca. 1300 N/mm²; darüber gerade genutete Ausführung empfohlen |
| Beschreibung: | • Spiralnuten sorgen für ruhigeren Lauf<br>• VHM = Vollhartmetall<br>• abmessungsgebundenes oder steigungsgebundenes Werkzeug<br>• kegeliges Gewindeteil<br>• innere Kühlmittelzufuhr IKZ empfohlen |
| Nutform: | rechtsspiralig |
| Vorbearbeitung: | Kernloch vorbohren, Senken |
| Varianten: | • sind für alle Werkzeuge dieses Typs möglich<br>• Stirnschnitt mit Fase: ermöglicht das zirkulare Ansenken und/oder Planspiegeln der Bohrung vor dem Gewindefräsen<br>• für Durchgangslöcher innere Kühlmittelzufuhr mit Austritt in den Spannuten IKZN empfohlen<br>• Schaftkühlnuten |
| Oberfläche: | • blank |



| VHM-GF-IKZ-TICN | für kegelige Gewinde |
|---|---|
| Werkstoffe: | • alle Werkstoffe bis ca. 1300 N/mm²; darüber gerade genutete Ausführung empfohlen<br>• vorzugsweise zur Bearbeitung von Stahlwerkstoffen und abrasiven Werkstoffen |
| Beschreibung: | • besserer Verschleißschutz<br>• höhere Schnittgeschwindigkeit |
| Nutform: | rechtsspiralig |
| Vorbearbeitung: | Kernloch vorbohren, Senken |
| Oberfläche: | • TiCN<br>• Schichtvarianten möglich |

# Gewindefräsen



| VHM-GSF-IKZ | |
|---|---|
| Werkstoffe: | • alle |
| Beschreibung: | • VHM = Vollhartmetall<br>• abmessungsgebundenes Werkzeug<br>• innere Kühlmittelzufuhr IKZ empfohlen<br>• Senken und Gewindefräsen mit einem Werkzeug möglich<br>• Gewindetiefen 1,5 x D; 2 x D |
| Nutform: | gerade |
| Vorbearbeitung: | Kernloch vorbohren |
| Varianten: | • sind für alle Werkzeuge dieses Typs möglich<br>• Stirnschnitt mit Fase:<br>ermöglicht das zirkulare Ansenken oder Plananspiegeln der Bohrung<br>• zusätzliches Frästeil:<br>ermöglicht das Abnehmen des unvollständigen Ganges am Gewindeanfang oder eine zylindrische Schutzeinsenkung<br>• für Durchgangslöcher innere Kühlmittelzufuhr mit Austritt in den Spannuten IKZN empfohlen<br>• ausgesetzte Zahnreihen AZR für eine Schnittaufteilung bei großen Gewindetiefen oder schwer zerspanbaren Werkstoffen<br>• Schaftkühlnuten |
| Oberfläche: | • blank |



| VHM-GSF-IKZ-TICN | |
|---|---|
| Werkstoffe: | • alle<br>• vorzugsweise zur Bearbeitung von Stahlwerkstoffen und abrasiven Werkstoffen |
| Beschreibung: | • besserer Verschleißschutz<br>• höhere Schnittgeschwindigkeit |
| Nutform: | gerade |
| Vorbearbeitung: | Kernloch vorbohren |
| Oberfläche: | • TiCN<br>• Schichtvarianten möglich |

**Typ:** GSF
Gewindefräser
mit Senkfase



**Schaft:**
DIN 6535 HA, HB, HE

**Profil:**
korrigiert



# Gewindefräsen

**Typ:** GSF
Gewindefräser
mit Senkfase



**Schaft:**
DIN 6535 HA, HB, HE

**Profil:**
korrigiert



| VHM-GSF IKZ | |
|---|---|
| Werkstoffe: | • alle Werkstoffe bis ca. 1300 N/mm²; darüber gerade genutete Ausführung empfohlen |
| Beschreibung: | • VHM = Vollhartmetall<br>• abmessungsgebundenes Werkzeug<br>• Spiralnuten sorgen für ruhigeren Lauf<br>• innere Kühlmittelzufuhr IKZ empfohlen<br>• Senken und Gewindefräsen mit einem Werkzeug möglich<br>• Gewindetiefen 1,5 x D; 2 x D; 2,5 x D |
| Nutform: | rechtsspiralig |
| Vorbearbeitung: | Kernloch vorbohren |
| Varianten: | • sind für alle Werkzeuge dieses Typs möglich<br>• Stirnschnitt mit Fase: ermöglicht das zirkulare Ansenken oder Plananspiegeln der Bohrung<br>• zusätzliches Frästeil: ermöglicht das Abnehmen des unvollständigen Ganges am Gewindeanfang oder eine zylindrische Schutzeinsenkung<br>• für Durchgangslöcher innere Kühlmittelzufuhr mit Austritt in den Spannuten IKZN empfohlen<br>• ausgesetzte Zahnreihen AZR für eine Schnittaufteilung bei großen Gewindetiefen oder schwer zerspanbaren Werkstoffen<br>• Schaftkühlnuten |
| Oberfläche: | • blank |



| VHM-GSF-IKZ-TICN | |
|---|---|
| Werkstoffe: | • alle Werkstoffe bis ca. 1300 N/mm²; darüber gerade genutete Ausführung empfohlen<br>• vorzugsweise zur Bearbeitung von Stahlwerkstoffen und abrasiven Werkstoffen |
| Beschreibung: | • besserer Verschleißschutz<br>• höhere Schnittgeschwindigkeit |
| Nutform: | rechtsspiralig |
| Vorbearbeitung: | Kernloch vorbohren |
| Oberfläche: | • TiCN<br>• Schichtvarianten möglich |



**Typ:** BGF
Bohrgewindefräser





| VHM-BGF-IKZ, 2-nutig | |
|---|---|
| Werkstoffe: | • kurzspanende Werkstoffe<br>• Grauguss<br>• Gussaluminium, Kupferlegierungen, Magnesium, Kunststoffe |
| Beschreibung: | • VHM = Vollhartmetall<br>• abmessungsgebundenes Werkzeug<br>• innere Kühlmittelzufuhr IKZ erforderlich<br>• Bohren, Senken und Gewindefräsen mit einem Werkzeug möglich<br>• Gewindetiefen 1,5 x D; 2 x D; 2,5 x D |
| Nutform: | rechtsspiralig; verstärkte Seele |
| Vorbearbeitung: | keine |
| Varianten: | • sind für alle Werkzeuge dieses Typs möglich<br>• 90° Stirnfase:<br>ermöglicht das zirkulare Ansenken der Bohrung bei unterschiedlichen Gewindetiefen<br>• zusätzliches Frästeil:<br>ermöglicht das Abnehmen des unvollständigen Ganges am Gewindeanfang oder eine zylindrische Schutzeinsenkung<br>• ausgesetzte Zahnreihen AZR für eine Schnittaufteilung bei großen Gewindetiefen oder schwer zerspanbaren Werkstoffen<br>• Schaftkühlnuten |
| Oberfläche: | • blank |





| VHM-BGF-IKZ-TICN, 2-nutig | |
|---|---|
| Werkstoffe: | • kurzspanende Werkstoffe<br>• Grauguss<br>• Gussaluminium, Kupferlegierungen, Magnesium, Kunststoffe |
| Beschreibung: | • besserer Verschleißschutz<br>• höhere Schnittgeschwindigkeit |
| Nutform: | rechtsspiralig; verstärkte Seele |
| Vorbearbeitung: | keine |
| Oberfläche: | • TiCN<br>• Schichtvarianten möglich |



**Schaft:**
DIN 6535 HA, HB, HE

**Profil:**
korrigiert



# Gewindefräsen

**Typ:** BGF
Bohrgewindefräser



**Schaft:**
DIN 6535 HA, HB, HE

**Profil:**
korrigiert





| VHM-BGF-IKZ, 3-nutig | |
|---|---|
| Werkstoffe: | • kurzspanende Werkstoffe<br>• Grauguss<br>• Gussaluminium, Kupferlegierungen, Magnesium, Kunststoffe |
| Beschreibung: | • VHM = Vollhartmetall<br>• abmessungsgebundenes Werkzeug<br>• innere Kühlmittelzufuhr IKZ erforderlich<br>• höherer Vorschub durch dritte Nut<br>• bei schrägem Bohrungsaustritt oder vorgegossenen Kernlöchern empfohlen<br>• Bohren, Senken und Gewindefräsen mit einem Werkzeug möglich |
| Nutform: | rechtsspiralig |
| Vorbearbeitung: | keine |
| Oberfläche: | • blank |





| VHM-BGF-IKZ-TICN, 3-nutig | |
|---|---|
| Werkstoffe: | • kurzspanende Werkstoffe<br>• Grauguss<br>• Gussaluminium, Kupferlegierungen, Magnesium, Kunststoffe |
| Beschreibung: | • besserer Verschleißschutz<br>• höhere Schnittgeschwindigkeit |
| Nutform: | rechtsspiralig |
| Vorbearbeitung: | keine |
| Oberfläche: | • TiCN<br>• Schichtvarianten möglich |









| VHM-ZBGF-W-TIALN | |
|---|---|
| Werkstoffe: | • Aluminium und Aluminiumlegierungen<br>• Gusswerkstoffe<br>• niedrig- und hochlegierte Stähle bis 1100 N/mm² Zugfestigkeit<br>• rostfreie und wärmebeständige Stähle<br>• Titan<br>• Kunststoffe |
| Beschreibung: | • VHM = Vollhartmetall<br>• abmessungsgebundenes Werkzeug<br>• innere Kühlmittelzufuhr IKZ erforderlich<br>• Bohren, Senken und Gewindefräsen mit einem Werkzeug möglich (Kernloch und Gewinde wird gleichzeitig gefräst)<br>• Gewindetiefen bis 2 x D<br>• Schnittaufteilung über Anschnitt am Frästeil |
| Nutform: | rechtsspiralig; rechtsschneidend |
| Vorbearbeitung: | keine |
| Varianten: | • Auf Anfrage möglich, z.B. geänderte Schneidrichtung zur Umkehr der Fräsrichtung bei Rechts- oder Linksgewinde |
| Oberfläche: | • TiAlN<br>• Schichtvarianten möglich |

**Typ:** ZBGF
Zirkular-
Bohrgewindefräser



**Schaft:**
DIN 6535 HA, HB, HE

**Profil:**
korrigiert



# Gewindefräsen

**Typ:** ZBGF
Zirkular-
Bohrgewindefräser



**Schaft:**
DIN 6535 HA, HB, HE

**Profil:**
korrigiert



| VHM-ZBGF-H-TIALN | |
|---|---|
| Werkstoffe: | • gehärtete Stähle |
| Beschreibung: | • VHM = Gewindefräser aus Vollhartmetall<br>• abmessungsgebundenes Werkzeug<br>• innere Kühlmittelzufuhr IKZ erforderlich (mind. 30 bar)<br>• Bohren, Senken und Gewindefräsen mit einem Werkzeug möglich (Kernloch und Gewinde wird gleichzeitig gefräst)<br>• Gewindetiefen bis 2 x D<br>• Schnittaufteilung über Anschnitt am Frästeil |
| Nutform: | gerade; linksschneidend |
| Vorbearbeitung: | keine |
| Varianten: | • Auf Anfrage möglich, z.B. geänderte Schneidrichtung zur Umkehr der Fräsrichtung bei Rechts- oder Linksgewinde |
| Oberfläche: | • TiAlN<br>• Schichtvarianten möglich |



| VHM-ZBGF-T-TICN | |
|---|---|
| Werkstoffe: | • Aluminium und Aluminiumlegierungen<br>• Gusswerkstoffe |
| Beschreibung: | • VHM = Vollhartmetall<br>• abmessungsgebundenes Werkzeug<br>• innere Kühlmittelzufuhr IKZ erforderlich<br>• Bohren, Senken und Gewindefräsen mit einem Werkzeug möglich (Kernloch und Gewinde wird gleichzeitig gefräst)<br>• Gewindetiefen bis 3 x D<br>• Schnittaufteilung über Anschnitt am Frästeil |
| Nutform: | gerade; rechtsschneidend |
| Vorbearbeitung: | keine |
| Varianten: | • Auf Anfrage möglich, z.B. geänderte Schneidrichtung zur Umkehr der Fräsrichtung bei Rechts- oder Linksgewinde |
| Oberfläche: | • TiCN<br>• Schichtvarianten möglich |

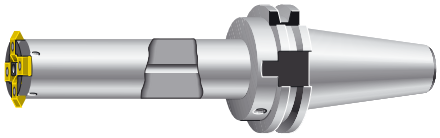


**Typ:**
Plattenfräser



## Wechselplattenfräser WSP

| | |
|---|---|
| Werkstoffe: | • alle |
| Beschreibung: | • universeller Fräskörper, kann mit Platten unterschiedlicher Steigung ausgerüstet werden<br>• Halter mit Aufnahmen für eine oder mehrere Fräsplatten<br>• Fräsplatten aus Hartmetall unterschiedlicher Qualitäten werden je nach Schneidfall ausgewählt<br>• Platten weisen in axialer Richtung mehrere Profilzähne auf<br>• Gewindetiefe entspricht nach einer Zirkulation der Fräsplattenlänge<br>• große Gewindetiefen durch Nachsetzen möglich<br>• für Feingewinde (innen) ab Durchmesser 20 mm geeignet |
| Vorbearbeitung: | Kernloch vorbohren, Senken |
| Oberfläche: | • blank oder TiAlN<br>• Schichtvarianten möglich |



## Einzahnplattenfräser EP

| | |
|---|---|
| Werkstoffe: | • alle |
| Beschreibung: | • verschiedene Fräskörper in Durchmesser, Länge und Schaft<br>• Fräskörper wird mit benötigter Plattengröße/-steigung bestückt<br>• Platten weisen nur einen Profilzahn auf und sind ein- oder mehrschneidig<br>• Vollprofilplatte (steigungsgebunden) oder Teilprofilplatte (Steigungsbereich)<br>• Werkzeug muss pro Gewindegang einmal zirkulieren<br>• große Gewindetiefen durch geringe Seitenkräfte möglich<br>• für große Gewindeabmessungen ab Durchmesser 30 mm mit einer maximalen Steigung P = 6 mm<br>• für Einzelfertigung und Kleinserien mit häufig wechselnden Steigungen |
| Vorbearbeitung: | Kernloch vorbohren, Senken |
| Oberfläche: | • TiN<br>• Schichtvarianten möglich |



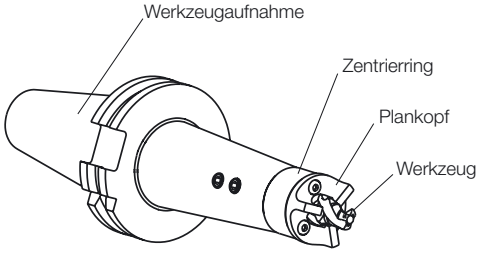
**Profil:**
nicht korrigiert



# Gewindefräsen

**Typ:** MoSys kombinierbares Plan- und Stufensenk-System






- Einsparung von Einzelwerkzeugen
- weniger Lagerplätze und Lagerkosten
- kürzere Bearbeitungszeit
- einfache Montage
- hohe Steifigkeit
- hohe Maßgenauigkeit
- modular aufgebaut und einsetzbar

## MoSys (modulares Senksystem)

| | |
|---|---|
| Werkstoffe: | • abhängig vom eingesetzten Werkzeugtyp |
| Beschreibung: | • Werkzeugaufnahmen modifiziert für MoSys<br>**Spindelkegel:**<br>- SK… nach DIN 69871 AD/B<br>- HSK… nach DIN 69893 Form A, C, E, F<br>- ANSI/CAT nach ANSI B5.50<br>- MAS BT nach JIS B 6339 |

**Bauformen:**



Standard-Bauform



schlanke Bauform



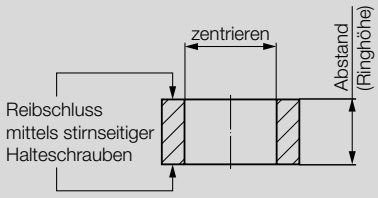
Sonder-Bauform/-Länge

**Standard-Bauform:**
- große Plansenkung im Verhältnis zum Gewindedurchmesser
- normale Werkzeuglänge

**schlanke Bauform:**
- kleine Plansenkung im Verhältnis zum Gewindedurchmesser
- bei Störkonturen
- größere Längen der Werkzeugaufnahmen

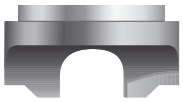
**Sonder-Bauform**:
- wenn Standard-Bauform oder schlanke Bauform nicht ausreicht

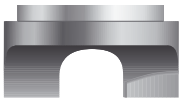
**Zentrierring**
- zentriert Plankopf zur Werkzeugaufnahme
- Drehmomentübertragung durch Reibschluss
- stellt Abstand des Plankopfes in Bezug auf die Plansenkebene her (verschieden hohe Ringe verwendbar)
- stützt Plankopfschneiden radial ab

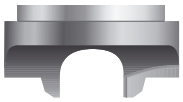




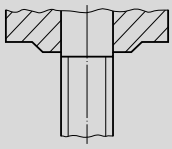
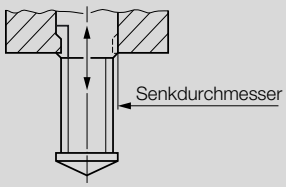
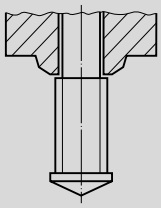
**Typ:** MoSys kombinierbares Plan- und Stufensenk-System







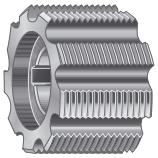
| MoSys-Planköpfe | |
|---|---|
| mögliche Schnittstellen: | • Standard-Aufnahme / Standard- (großer) Plankopf-Durchmesser<br>• Standard-Aufnahme / schlanker (kleiner) Plankopf-Durchmesser<br>• schlanke Aufnahme / schlanker (kleiner) Plankopf-Durchmesser<br>• Modifikationen der Schnittstelle möglich |
| Oberfläche: | **Standard:**<br>• VHM (Beschichtung optional)<br>**Modifikation:**<br>• VHM mit PKD bestückt |

| Kombinationsbeispiele Plankopf/Werkzeug | | |
|---|---|---|
| Schaft-GF: | • Plankopf beinhaltet Plan- und Senkkontur<br>• Plankontur und Senkfase liegen weit über Werkzeug-Schaftdurchmesser |  |
| BGF / GSF / Spiralbohrer / Stufenbohrer: | • Plankopf beinhaltet nur Plankontur<br>• Senkfase wird vom Werkzeugschaft hergestellt<br>• insbesondere BGF, Spiralbohrer und Stufenbohrer werden zur Überlappung der Schneiden am Zahnrücken freigestellt (Spanfluss in der Nut darf nicht blockiert sein)<br>• der Werkzeugschaft ist größer als der Senkdurchmesser<br>• durch axiale Einstellung des Werkzeuges wird der Senkdurchmesser bestimmt |  |
| Sonderlösungen: | • Plankopf beinhaltet Plan- und Senkkontur<br>• der Werkzeugschaft liegt unterhalb des Vorbohr-Durchmessers der herzustellenden Gewindebohrung. Diese Lösung kann notwendig sein wenn:<br>– komplexe Senkkontur am Werkzeugschaft nicht ausführbar ist<br>– bei Störkonturen (möglichst schlanke MoSys-Ausführung) |  |

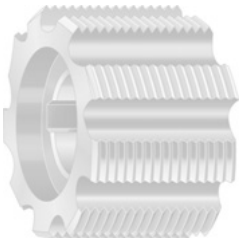


# Gewindefräsen

**Typ:**
Aufsteck-
Gewindefräser



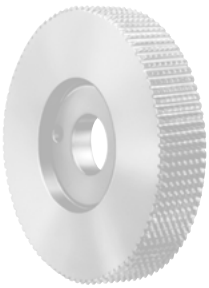
| Aufsteck-Gewindefräser DIN 852 | |
|---|---|
| Werkstoffe: | • alle Werkstoffe bis 1100 N/mm² unter Beachtung der Seitenkräfte |
| Beschreibung: | • für große Gewindetiefen und Gewindedurchmesser<br>• Schneidstoff HSS-E (HM-bestückte Variante möglich) |
| Nutform: | gerade (spiralnutige Varianten möglich) |
| Vorbearbeitung: | Kernloch vorbohren, Senken |
| Oberfläche: | • blank<br>• Schichtvarianten möglich |



**Typ:**
Automaten-
Gewindefräser



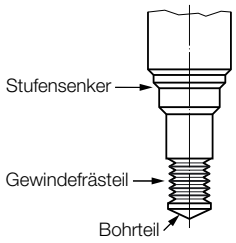
| Automaten-Gewindefräser | |
|---|---|
| Werkstoffe: | • Aluminium und Aluminiumlegierungen<br>• Buntmetalle<br>• niedrig- und hochlegierte Stähle bis 1100 N/mm² Zugfestigkeit<br>• rostfreie und wärmebeständige Stähle<br>• Kunststoffe |
| Beschreibung: | • für Außengewindeherstellung auf Drehautomaten<br>• steigungs- und steigungsrichtunggebundenes Werkzeug |
| Nutform: | spiralverzahnt; vielnutig |
| Vorbearbeitung: | • Stangenmaterial oder Außendurchmesser überdrehen, fasen |
| Varianten: | • maschinen- und typenabhängige Bauform<br>z.B. Index, Traub, Schütte, Gildemeister, usw.<br>**Achtung:** verschiedene Werkzeuggrößen möglich |
| Oberfläche: | • blank<br>• Schichtvarianten möglich |

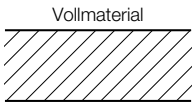


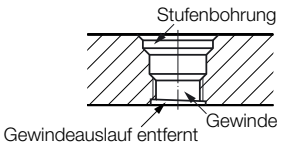
# Gewindefräsen



**Typ:**
Beispiele von kombinierten Gewindefräswerkzeugen

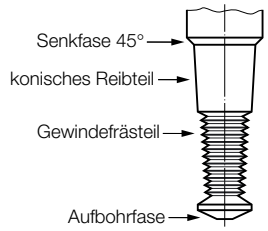


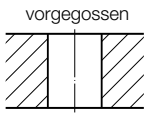



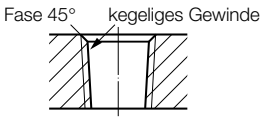




## Sonder-Bohrgewindefräser aus Vollhartmetall

| | |
|---|---|
| Bearbeitungsfall: | • Armaturenbauteil aus Ms/Rg |
| Kombinierte Fertigungsschritte: | • Bohren<br>• Stufensenken<br>• Gewindefräsen mit Gewindeauslauf entfernen |
| Vorbearbeitung: | keine |
| Vorteile: | • Einsparung von Werkzeug-Wechselzeiten<br>• Einsparung von Kosten für zusätzliche Werkzeuge<br>• Einsparung von Werkzeugplätzen im Magazin<br>• Reduzierung der Betriebsmittelnutzungszeit um bis zu 55% |

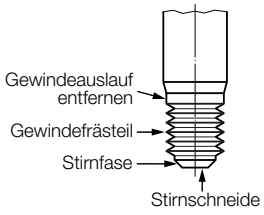


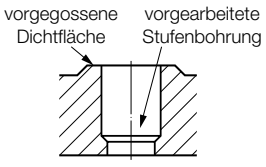



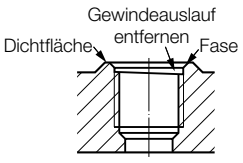




## Sonder-Aufbohrgewindefräser mit konischem Reibteil

| | |
|---|---|
| Bearbeitungsfall: | • Gehäuse aus GD-AlSi |
| Kombinierte Fertigungsschritte: | • Kernloch zylindrisch aufbohren<br>• Kernloch kegelig reiben und mit Fase 45° ansenken<br>• kegeliges Gewinde zirkular fräsen<br>• Gewindefräsen |
| Vorbearbeitung: | keine |
| Vorteile: | • Einsparung von Werkzeug-Wechselzeiten<br>• Einsparung von Kosten für zusätzliche Werkzeuge<br>• Einsparung von Werkzeugplätzen im Magazin<br>• Reduzierung der Betriebsmittelnutzungszeit um bis zu 50% |




## Sonder-Gewindefräser aus Vollhartmetall

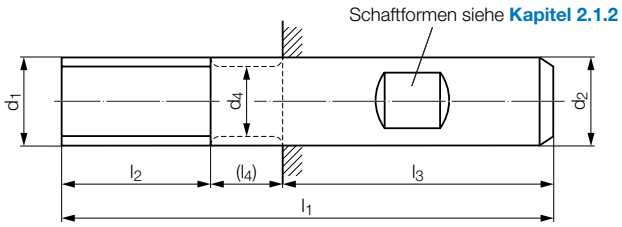
| | |
|---|---|
| Bearbeitungsfall: | • Hydraulik-Anschluss aus GGG 70 |
| Kombinierte Fertigungsschritte: | • Dichtfläche zirkular fräsen<br>• Fase zirkular fräsen<br>• Gewindefräsen mit Entfernen des unvollständigen Ganges |
| Vorbearbeitung: | vorgegossene Dichtfläche, vorgearbeitete Stufenbohrung |
| Vorteile: | • Einsparung von Werkzeug-Wechselzeiten<br>• Einsparung von Kosten für zusätzliche Werkzeuge<br>• Rechtwinkligkeit von Dichtfläche zu Gewinde<br>• keine Gratbildung, da Gewindeauslauf entfernt wird |

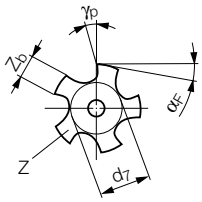


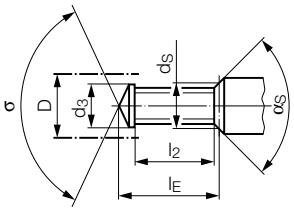
# Gewindefräsen

## 10.3 Nomenklatur

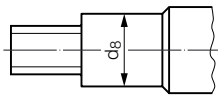
### 10.3.1 Begriffe und Benennungen am Gewindefräser

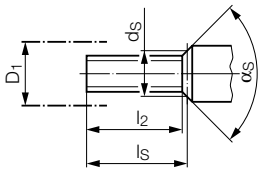


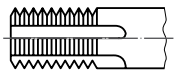




gerade Nut



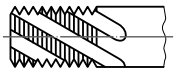




(Rechts-)spiralige Nut

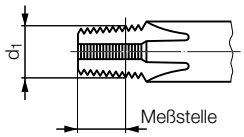


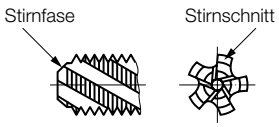
ausgesetzte Zahnreihen

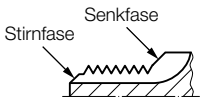


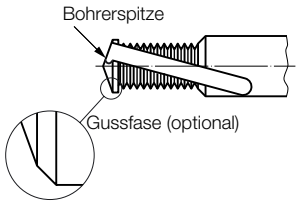


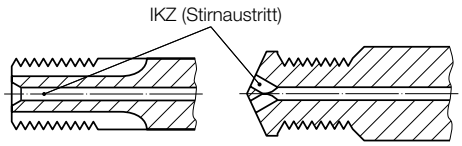
kegeliges Frästeil

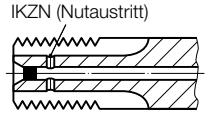



| | | | |
|---|---|---|---|
| $d_1$ | Frästeildurchmesser | $l_3$ | Einspannlänge |
| $d_2$ | Schaftdurchmesser | $l_4$ | Halslänge |
| $d_3$ | Bohrteildurchmesser | $l_E$ | Bohrtiefe bis Erreichen von $d_S$ (BGF) |
| $d_4$ | Halsdurchmesser | $l_S$ | Tiefe bis Erreichen von $d_S$ (GSF) |
| $d_7$ | Seelendurchmesser | $\sigma$ | Spitzenwinkel |
| $d_8$ | Durchmesser Senk- oder Frässtufe | $\gamma_p$ | Spanwinkel |
| $d_S$ | Senkdurchmesser | $\alpha_F$ | Freiwinkel |
| D | zu bearbeitender Gewindedurchmesser | $\alpha_S$ | Ansenkwinkel |
| $l_1$ | Gesamtlänge | $Z_b$ | Zahnbreite |
| $l_2$ | Frästeillänge | Z | Zähnezahl |





## 10.3.2 Technische Lieferbedingungen

**Beschreibung der EMUGE-Gewindefräser:**

| Merkmal | Kurzbezeichnung | Bezeichnung | Beschreibung |
|---|---|---|---|
| Werkzeugart | GF | Gewindefräser allgemein | |
| | BGF | Bohrgewindefräser | |
| | GSF | Gewindefräser mit Senkfase | |
| | ZBGF | Zirkular-Bohrgewindefräser | |
| | ZBGF-W | Zirkular-Bohrgewindefräser | zur Weichbearbeitung |
| | ZBGF-T | Zirkular-Bohrgewindefräser | für tiefe Gewinde bis 3 x D |
| | ZBGF-H | Zirkular-Bohrgewindefräser | zur Hartbearbeitung |
| | WSP | Wechselplattenfräser | |
| | EP | Einzahnplattenfräser | |
| | AUT-GF | Automaten-Gewindefräser | |
| Werkzeug-Schneidstoff | HSS | HSS | Schnellarbeitsstahl |
| | HM | Hartmetall | Hartmetall allgemein |
| | VHM | Vollhartmetall | Hartmetall monoblock |
| | PKD | polykristalliner Diamant | |
| Beschichtung | TIN | Titannitrid | |
| | TICN | Titancarbonitrid | |
| | TIALN | Titanaluminiumnitrid | |
| Kühlmittelzufuhr | ohne Angabe | nicht vorhanden | |
| | IKZ | innere Kühlmittelzufuhr mit Austritt an der Stirn | |
| | IKZN | innere Kühlmittelzufuhr mit Austritt in den Nuten | bei Durchgangslöchern oder Außengewinde |
| Gewindeart | ohne Angabe | Art aus Werkzeugtyp erkennbar | |
| | Innen (Inn) | Innengewinde | |
| | Außen (Auß) | Außengewinde | |
| Schaftform | HB, B | Zylinderschaft mit seitlicher Mitnahmefläche | nach DIN 6535-HB und DIN 1835-B |
| | HA, A | glatter Zylinderschaft | nach DIN 6535-HA und DIN 1835-A |
| | HE, E | Zylinderschaft mit geneigter Spannfläche | nach DIN 6535-HE und DIN 1835-E |
| Nutform | ohne Angaben | gerade Nuten | |
| | ger.N. | gerade Nuten | |
| | R30 / L30 | Spiralnutrichtung | Spiralwinkel z.B. 30° |
| Zähnezahl | Z … | Anzahl Zähne | Zahnstege / Spannuten |
| | AZR1 | Anzahl ausgesetzer Zahnreihen (radial) | zyklisch |
| Werkzeug-schnittrichtung | ohne Angaben | rechtsschneidendes Werkzeug (Standard) | |
| | RH-Rot. | rechtsschneidendes Werkzeug | verfahrensbedingte Richtungsangabe |
| | LH-Rot. | linksschneidendes Werkzeug | verfahrensbedingte Richtungsangabe |
| Gewindeabmessung | P = … ISO | Steigung mit Gewinde-bezeichnung ISO = Metrisches Gewinde; UN = Amerik. Unified-Gewinde | bei Fräsern mit unkorrigiertem Profil, steigungsbezogen |
| | M …; UNC … | Gewindebezeichnung mit Gewindenennmaß | bei Fräsern mit korrigiertem Profil, abmessungsbezogen |
| Gewindelänge / Baumaßinfo | $d_2$ x $l_2$ x $l_1$ | Baumaße | D16 x 25 x 90 |
| | … x D | Bearbeitungstiefe | in Vielfachen des Gewindedurchmessers D (1,5 x D; 2 x D; 2,5 x D; 3 x D) |
| | GT … | nutzbare Gewindetiefe | in mm |



# Gewindefräsen

## Bezeichnungsbeispiele

HM-GF – IKZ – Innen – HB – ger.N. – P=1,5 ISO – D10x16x70-Z4

- Gewindefräser aus Hartmetall
- innere Kühlmittelzufuhr mit Austritt an der Stirn
- geeignet für Innengewinde
- Schaftform HB = Zylinderschaft mit seitl. Mitnahmefläche
- gerade Nuten
- Metr. ISO-Gewinde mit Steigung = 1,5 mm
- Schaftdurchmesser $d_2$ = 10 mm
- Gewindeteillänge $l_2$ = 16 mm
- Gesamtlänge $l_1$ = 70 mm
- Zähnezahl = 4

BGF VHM – TICN – IKZ – HA – Z3 M 8 – 2,5xD

- Bohrgewindefräser aus Vollhartmetall
- TiCN-beschichtet
- innere Kühlmittelzufuhr mit Austritt an der Stirn
- Schaftform HA = glatter Zylinderschaft
- Zähnezahl = 3
- Metrisches ISO-Gewinde mit Nenndurchmesser 8 mm
- mögliche Gewindetiefe max. 2,5 x D (bei M8 = 20 mm)

Die Kurzbezeichnungen werden, je nach Zweckmäßigkeit, in der Bezeichnung aufgeführt.



GSF VHM – IKZ – HE – R30 – M 12 – 2xD

- Gewindefräser mit Senkfase aus Vollhartmetall
- innere Kühlmittelzufuhr mit Austritt an der Stirn
- Schaftform HE = Zylinderschaft mit geneigter Spannfläche
- Spiralnuten mit Spiralsteigung 30° rechts
- Metrisches ISO-Gewinde mit Nenndurchmesser 12 mm
- mögliche Gewindetiefe max. 2 x D (bei M12 = 24 mm)

ZBGF – H – VHM – TIALN-T3 – IKZ - LH-Rot. – HA – M 8 - M 10x1,25 – GT16

- Zirkular-Bohrgewindefräser
- für die Hartbearbeitung
- aus Vollhartmetall
- Beschichtet mit TiAlN-Multilayerschicht
- innere Kühlmittelzufuhr mit Austritt an der Stirn
- Schnittrichtung links (Standard: rechts)
- Schaftform HA = glatter Zylinderschaft
- Metrisches ISO-Gewinde von 8 mm und Metrisches Feingewinde bis 10 mm Nenndurchmesser und 1,25 mm Steigung
- mögliche Gewindetiefe max. 16 mm

Die Kurzbezeichnungen werden, je nach Zweckmäßigkeit, in der Bezeichnung aufgeführt.

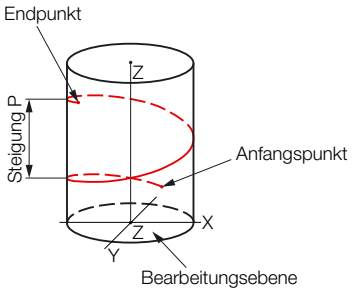


# Gewindefräsen

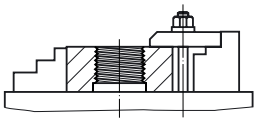
## 10.4 Verfahrensspezifische Hinweise

### 10.4.1 Der Gewindefräsvorgang

Im Gegensatz zum Gewindebohrer hat der Gewindefräser kein Gewinde auf dem Schneidenteil. Der Gewindefräser hat Profilrillen, deren Abstand der Steigung entspricht. Um mit solch einem Werkzeug ein Gewinde herzustellen, muss die Maschine eine schraubenförmige Bewegung ausführen. Dabei muss diese Bewegung in Z-Richtung genau der Steigung entsprechen. Bei einer Umfahrung werden damit so viele Gewindegänge fertig gestellt, wie Rillen des Fräsers in das Werkstück eintauchen.

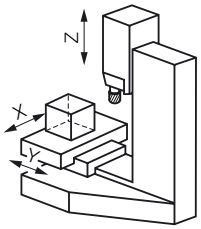



### 10.4.2 Erfordernisse für das CNC-Gewindefräsen



**Werkstückseitig:**

- möglichst keine Störkanten, um kurze Auskraglängen der Werkzeuge zu gewährleisten
- stabile und möglichst schwingungsfreie Aufspannung nahe der zu fräsenden Stelle
- positions- und maßgenaues Vorbohren

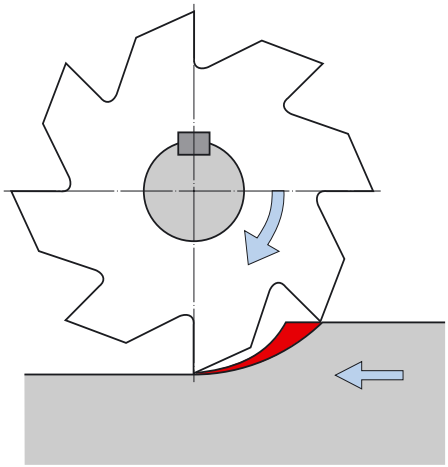


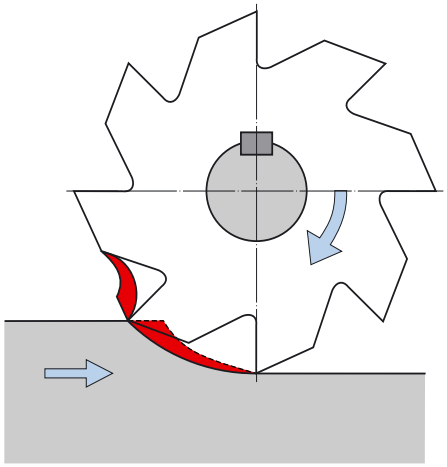

**Maschinenseitig:**

- 3D-Bahnsteuerung
- hohe Rundlaufgenauigkeit des Gewindefräsers in der Aufnahme
- stabiles Maschinenkonzept
- innere Kühlmittelzufuhr

### 10.4.3 Grundsätzliche Fräsverfahren

| Gleichlauf | Gegenlauf |
|---|---|





| Vorteil | Nachteil | Vorteil | Nachteil |
|---|---|---|---|
| • Kommaspan von Dick nach Dünn<br>• hohe Standzeit<br>• ruhigerer Lauf | • spielfreier Vorschub<br>• hohe Stabilität der Maschine/Spannung | • Einsatz bei harter Guss-/Schmiedehaut | • Ratterneigung |

## 10.4.4 Der Gewindefräser im praktischen Einsatz

**1. Werkzeug spannen:**
guter Rundlauf ist nötig, deshalb so kurz und stabil wie möglich spannen

**Spannsysteme und der maximal zulässige Rundlauf:**

| Spannsystem | Max. zulässiger Rundlauf | Bemerkung |
|---|---|---|
| Schrumpffutter | 0,005 | |
| Futter für Schäfte nach DIN 6535 HB und DIN 1835 B | 0,02 | |
| Futter für Schäfte nach DIN 6535 HE und DIN 1835 E | 0,02 | |
| Hydrodehnspannfutter | 0,005 | Nicht bei hohen Seitenkräften einsetzen (max. bis M8) |

**Nicht geeignet sind:** Spannzangen und Dreibackenfutter (Bohrfutter)

**2. Werkzeugdaten im Maschinenspeicher eingeben:**

**a)** Werkzeuglänge von vorderer Planseite, bei Bohrgewindefräsern (BGF) von Spitze abnehmen.

**b)** Werkzeugradius aus Programmierhilfe oder am Werkzeug-Voreinstellgerät ausmessen.
Bei **steigungsbezogenen** Gewindefräsern (P=…) der Typen GF, WSP, EP ist der gemessene Radius um -0,05 x Steigung zu korrigieren.
Bei **abmessungsbezogenen** Gewindefräsern (M…) der Typen BGF, GSF, ZBGF ist der gemessene Radius um -0,01 x Gewindedurchmesser zu korrigieren.

**3. Eingabe des CNC-Programmes in die Steuerung:**
(vorzugsweise als Unterprogramm an entsprechenden Positionen integrieren)

**a)** Aufrufen eines steuerungseigenen Zykluses (Bewegungsabläufe sollten bekannt sein – siehe Fräsverfahren **Kapitel 10.4.5**).

**b)** Einspielen eines Datenfiles aus der EMUGE-Programmierhilfe (Tool Finder).

**c)** Eintippen von Hand (hier besteht hohes Fehlerrisiko durch Vorzeichenfehler und der Angabe der Koordinaten auf 3 Dezimalstellen).

**Achtung:**
Bei Steuerungen, welche die Berechnung des Mittelpunktvorschubes nicht selbständig durchführen, müssen die Vorschubwerte in Klammern verwendet werden. Bei steuerungseigenen Zyklen unbedingt klären, ob Kontur- oder Mittelpunktmodus vorliegt.

**4. Probelauf über dem Werkstück:**

**a)** Werkzeuglängenmaß im Speicher um einen runden Wert, je nach Eingriffslänge (z.B. 50 mm), verlängern oder Nullpunkt versetzen (auf Störkontur achten).

**b)** Abfahren des Programms im Einzelsatz, dabei optische Kontrolle der Werkzeugbahn und/oder Soll-Ist-Vergleich am Monitor.

**c)** Programm nochmal im Automatikmodus ablaufen lassen und dabei einen Zeitvergleich zwischen tatsächlich gebrauchter Zeit und der Vorgabezeit aus der Programmierempfehlung durchführen. Große Differenzen deuten auf falsche Vorschubwerte oder falschen Vorschubmodus hin.

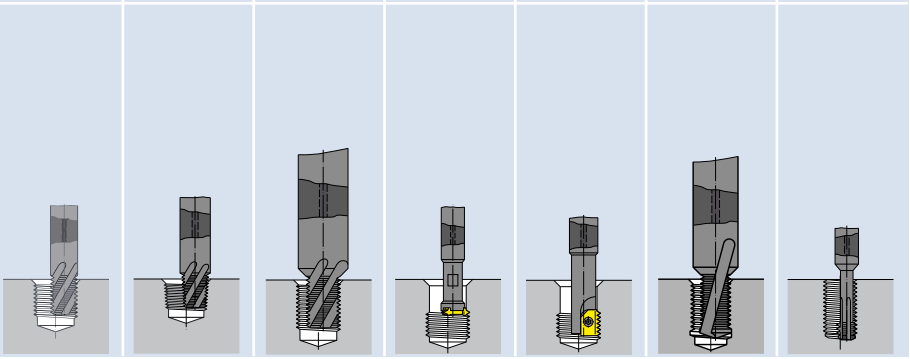
**5. Einsatz im Werkstück:**
Die künstliche Werkzeugverlängerung oder Nullpunktverschiebung aus 4a zurücksetzen und Programm im Werkstück ablaufen lassen. Die Vorschubregelung (Potenziometer) sollte dabei mit 100% angewählt sein.

**6. Gewinde lehren:**
Die von EMUGE vorgegebenen, zu programmierenden Fräserradien beziehen sich auf Standardtoleranz Mitte. Bei Abweichungen in Toleranz oder Form, sowie bei starker Geräuschentwicklung während des Fräsens ist **Kapitel 10.7** zu beachten. Soll ein Über-/Untermaß erzeugt werden, ist die Radiuskorrektur anzupassen.

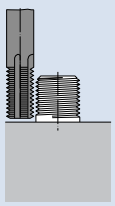


# Gewindefräsen

## 10.4.5 Übersicht der Gewindefräsverfahren

| **Bereich:** | Innengewindefräsen | | | | | Bohrgewindefräsen | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Vorbearbeitung:** | Kernloch bohren  (Senken) außer GSF | | | | | Keine  | |
| **Verfahren:** | Gewindefräsen mit VHM-Werkzeugen | | | Gewindefräsen mit Wechselplatten | | Bohr-gewinde-fräsen | Zirkulares Bohrge-windefräsen |
| **Typ:** | GF | GF kegelig | GSF | EP | WSP | BGF | ZBGF |
| **Verfahrens-prinzip:** |  | | | | | | |

Im Folgenden sind die einzelnen Verfahren beschrieben. Die CNC-Programmierhilfen werden von EMUGE für jeden Anwendungsfall ausgearbeitet. Möglich sind CNC-Programme für Steuerungen nach DIN 66025 und Heidenhain. Auch mit Hilfe des EMUGE Tool Finder können Programmierhilfen für jedes Werkzeug und jede Abmessung erstellt werden.

| **Bereich:** | Außengewindefräsen |
|---|---|
| **Vorbearbeitung:** |  Außendurchmesser vordrehen oder vorfräsen |
| **Verfahren:** | Gewindefräsen mit VHM-Werkzeugen |
| **Typ:** | GF |
| **Verfahrens-prinzip:** |  |

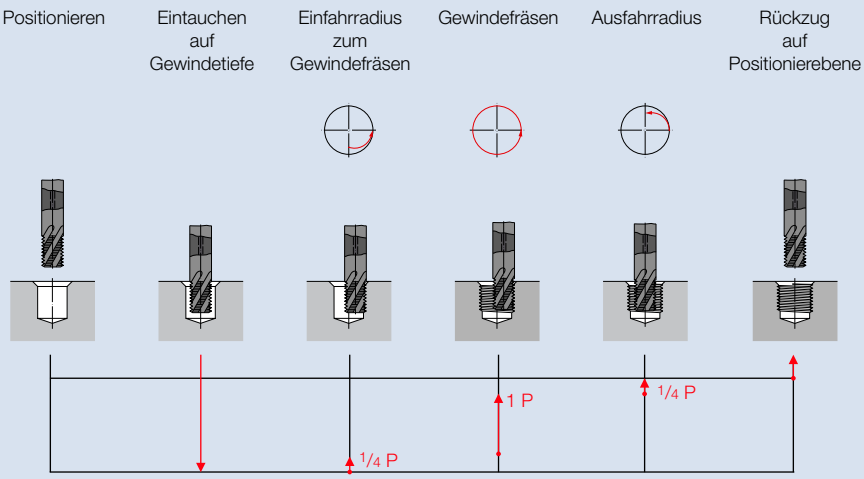


## Gewindefräser GF

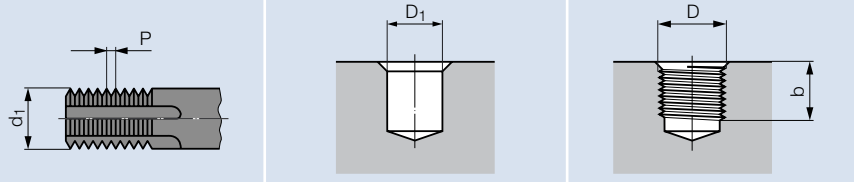
**Vorbearbeitung:** Kernlochbohren, Senken

**Verfahrensprinzip:** Gewindefräsen

**Zyklus:**




**Benötigte Vorgabewerte:**




**Beispiel:**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Abmessung:** | M30x1,5-6H | | Firma: | Muster |
| Gewindedurchmesser D: | 30,000 | mm | Werkstück: | Beispiel |
| Gewindesteigung P: | 1,500 | mm | Werkstoff: | GAl Si9 |
| Kernlochdurchmesser $D_1$: | 28,500 | mm | Erstellt: | 16.12.03 |
| **Werkzeug:** | ø20x32x105 | | Schneidstoff: | VHM |
| Artikelnummer: | GF163156.9514 | | Beschichtung: | TiCN |
| Zähnezahl Z: | 5 | | | |
| Fräserdurchmesser $d_1$: | 20,000 | mm | (gemessen am Frästeil) | |
| Fräserradiuskorrektur k [1]: | 0,075 | mm | (0,05 x P) | |
| zu prog. Fräserradius [2]: | 9,925 | mm | ($^1/_2$ $d_1$ - k) | |
| Gewindetiefe b: | 25,000 | mm | | |
| Schnittgeschwindigkeit $v_c$: | 250 | m/min | | |
| Vorschub (Fräsen) $f_z$: | 0,100 | mm/Zahn | | |

$n = \frac{v_c \cdot 1000}{d_1 \cdot \pi}$ S = 3981 | $v_f = f_z \cdot Z \cdot n$ F = 1990 (Kontur) | $v_f = \frac{v_{f\,Kontur} \cdot (D-d_1)}{D}$ F = 663 (Mittelpunkt)

**Programm nach DIN 66025 (im Gleichlauf, an der Kontur, inkremental)**

| | |
|---|---|
| N 10 G 54 G 90 G 00 X . . . Y . . . Z 2 S 3981 T01 [2] M03 | Positionieren des Werkzeugs über der Bohrung |
| N 20 G 91 G 00 Z-27 | Werkzeug in die Bohrung fahren |
| N 30 G 01 Y 0,750 F 1990 (Kontur) [F 332] [3] ($^1/_2$ Mittelpunkt) | Werkzeug außer Mitte stellen |
| N 40 G 41 G 01 X 14,25 | Werkzeug an die Kontur fahren |
| N 50 G 03 X-14,250 Y 14,25 Z 0,375 I-14,250 J 0 | Einfahrschleife |
| N 60 G 03 X 0 Y 0 Z 1,5 I 0 J-15,000 [F 663] [3] (Mittelpunkt) | Gewindegang fräsen |
| N 70 G 03 X-14,250 Y-14,25 Z 0,375 I 0 J-14,250 | Ausfahrschleife |
| N 80 G 00 G 40 X 14,25 Y-0,75 | Werkzeug in die Mitte stellen |
| N 90 G 90 Z 2 | Werkzeug aus der Bohrung fahren |

**Zerspanzeit $t_h$:** **4,2 sec.**

**Hinweise:**

1) Der über die Zahnspitze des Gewindeteils gemessene Fräserradius ist um den Betrag der Fräserradiuskorrektur zu reduzieren. Hiermit wird eine Zustellung auf Mitte der „6H/ISO2-Innengewinde-Toleranz“ erreicht. Die Fräserradiuskorrektur hängt aber auch von der radialen Verdrängung des Werkzeugs ab (Festigkeit des zu fräsenden Materials und Auskraglänge).
2) Der zu programmierende Fräserradius ist üblicherweise im Werkzeugspeicher enthalten.
3) Bei Steuerungen, welche die Berechnung des Mittelpunktvorschubs nicht selbstständig durchführen, müssen die Vorschubwerte in Klammern verwendet werden.



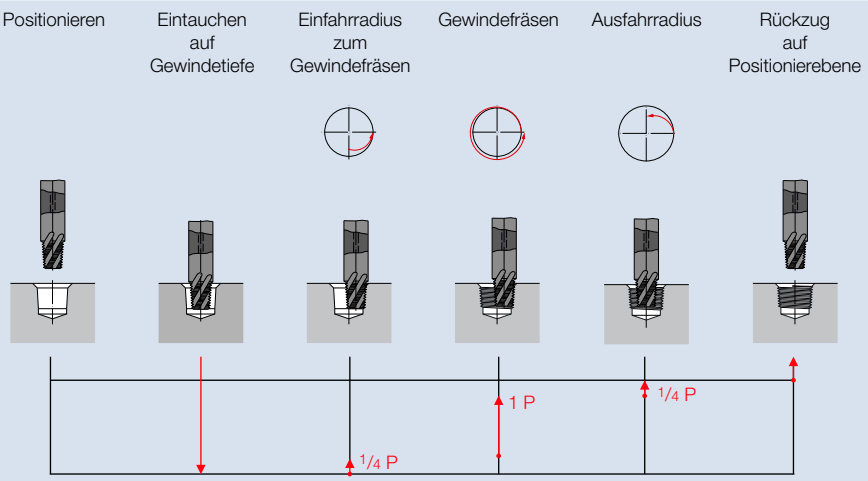
# Gewindefräsen

## Gewindefräser GF für kegelige Gewinde

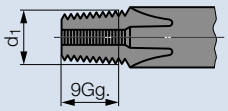
**Vorbearbeitung:** Kernlochbohren, Senken

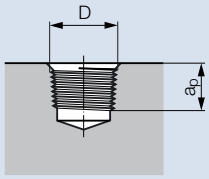
**Verfahrensprinzip:** Gewindefräsen

**Zyklus:**




**Benötigte Vorgabewerte:**




**Beispiel:**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Abmessung:** | NPT 1/2 - 14 | | Firma: | Muster |
| Innengewinde-Außendrm. D: | 21,092 | mm | Werkstück: | Beispiel |
| Kegelverhältnis i: | 1 : 16 | mm | Werkstoff: | GAl Si9 |
| Gewindesteigung P: | 1,814 | mm | Erstellt: | 16.12.03 |
| Nutzbare Tiefe $a_p$: | 15,384 | mm | | |
| **Werkzeug:** | GF-NPT kegelig | | Schneidstoff: | VHM |
| Artikelnummer: | GF173136.9678 | | Beschichtung: | TiCN |
| Zähnezahl Z: | 4 | | | |
| Fräserdurchmesser $d_1$: | 14,250 | mm | (gemessen am Frästeil) | |
| zu prog. Fräserradius r: | 7,096 | mm | | |
| Schnittgeschwindigkeit $v_c$: | 250 | m/min | | |
| Vorschub (Fräsen) $f_z$: | 0,120 | mm/Zahn | | |

$n = \frac{v_c \cdot 1000}{d_1 \cdot \pi}$ S = 5587 $v_f = f_z \cdot Z \cdot n$ F = 2682 (Kontur) $v_f = \frac{v_{f\,Kontur} \cdot (D-d_1)}{D}$ F = 870 (Mittelpunkt)

**Programm nach DIN 66025 (im Gleichlauf, an der Kontur, inkremental)**

| | |
|---|---|
| N 10 G 54 G 90 G 00 X . . . Y . . . Z 2 S 5587 T01 M03 | Positionieren des Werkzeugs über der Bohrung |
| N 20 G 91 G 00 Z-17,384 | Werkzeug in die Bohrung fahren |
| N 30 G 01 Y 2,046 F 2682 (Kontur) [F 435] 1)(1/2 Mittelpunkt) | Werkzeug außer Mitte stellen |
| N 40 G 41 X 8,500 | Werkzeug an die Kontur fahren |
| N 50 G 03 X-8,500 Y 8,500 R 8,500 | Einfahrschleife |
| N 60 G 03 X-10,560 Y-10,546 Z 0,454 I-0,007 J-10,553 [F 870] 1) (Mittelpunkt) | 1/4 Gewindegang fräsen |
| N 70 G 03 X 10,560 Y-10,574 Z 0,454 I 10,567 J-0,007 | 1/4 Gewindegang fräsen |
| N 80 G 03 X 10,589 Y 10,574 Z 0,454 I 0,007 J 10,581 | 1/4 Gewindegang fräsen |
| N 90 G 03 X-10,589 Y 10,603 Z 0,454 I-10,596 J 0,007 | 1/4 Gewindegang fräsen |
| N 100 G 03 X-8,500 Y-8,500 R 8,500 | Ausfahrschleife |
| N 110 G 01 G 40 X 8,500 | Werkzeug in die Mitte stellen |
| N 120 G 90 X . . . Y . . . | Werkzeug auf Zentrum der Bohrung stellen |
| N 130 Z 2 | Werkzeug aus der Bohrung fahren |

**Zerspanzeit $t_h$:** **2,1 sec.**

**Hinweise:**

Das erste gefräste Gewinde ist unbedingt zu lehren, um eine eventuell erforderliche Werkzeugradius- oder Tiefenkorrektur vorzunehmen, welche sich aus dem planseitigen Abstand der Lehrdorn-Messstufen zum Werkstück ergibt.

**Variable Werte zur Beeinflussung des gefrästen Gewindedurchmessers sind:**

**1. der zu programmierende Fräserradius im Werkzeugspeicher**

**2. die Eintauchtiefe (Gewindetiefe) Z- im Satz N20**

**Radiuskorrektur = fehlende Einschraubtiefe x Kegelverhältnis (1:16)/2**

**Merke: Ein kleinerer Werkzeugradius bewirkt ein tieferes Einschrauben!**

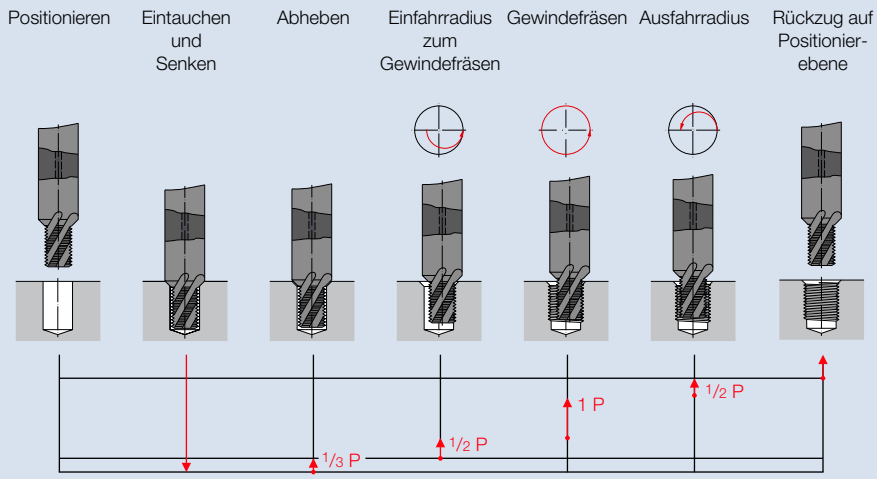
1) Bei Steuerungen, welche die Berechnung des Mittelpunktvorschubs nicht selbstständig durchführen, müssen die Vorschubwerte in Klammern verwendet werden.



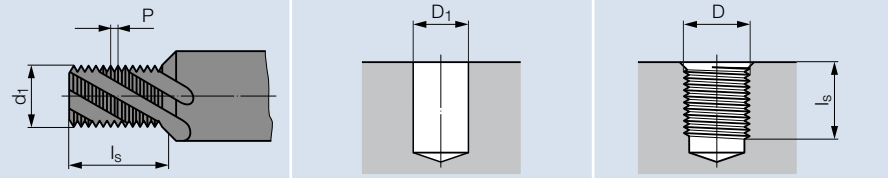
## Gewindefräser mit Senkfase GSF

| | |
|---|---|
| **Vorbearbeitung:** | Kernlochbohren |
| **Verfahrensprinzip:** | Senken, Gewindefräsen |

**Zyklus:**




**Benötigte Vorgabewerte:**




**Beispiel:**

| **Abmessung:** | M10-6H | | | |
|---|---|---|---|---|
| Gewindedurchmesser D: | 10,000 | mm | Firma: | Muster |
| Gewindesteigung P: | 1,500 | mm | Werkstück: | Beispiel |
| Kernlochdurchmesser $D_1$: | 8,500 | mm | Werkstoff: | GAl Si7 |
| **Werkzeug:** | GSF 2xD | | Erstellt: | 16.12.03 |
| Artikelnummer: | GF332106.0100 | | Schneidstoff: | VHM |
| Zähnezahl Z: | 3 | | Beschichtung: | TiCN |
| Fräserdurchmesser $d_1$: | 8,200 | mm | (gemessen am Frästeil) | |
| Fräserradiuskorrektur k [1]: | 0,100 | mm | (0,01 x D) | |
| zu prog. Fräserradius [2]: | 4,000 | mm | ($^1/_2$ $d_1$ - k) | |
| Senktiefe $l_s$: | 21,200 | mm | | |
| Schnittgeschwindigkeit $v_c$: | 250 | m/min | | |
| Vorschub (Senken) $f_s$: | 0,200 | mm/U | | |
| Vorschub (Fräsen) $f_z$: | 0,100 | mm/Zahn | | |

$n = \frac{v_c \cdot 1000}{d_1 \cdot \pi}$ S = 9709 $v_s = f_s \cdot n$ F = 1942 (Senken) $v_f = f_z \cdot Z \cdot n$ F = 2913 (Kontur)

$v_f = \frac{v_{f\,Kontur} \cdot (D-d_1)}{D}$ F = 524 (Mittelpunkt)

**Programm nach DIN 66025 (im Gleichlauf, an der Kontur, inkremental)**

| | |
|---|---|
| N 10 G 54 G 90 G 00 X . . . Y . . . Z 2 S 9709 T01 [2] M03 | Positionieren des Werkzeugs über der Bohrung |
| N 20 G 91 Z-21,200 | Werkzeug in die Bohrung fahren |
| N 30 G 01 Z-2 F 1942 (Senken) | Ansenken |
| N 40 G 01 Z 0,500 | Werkzeug in der Bohrung zurücksetzen |
| N 50 G 41 Y-4,250 F 2913 (Fräsen, Kontur) [F 262] [3] (Fräsen, $^1/_2$ Mittelpunkt) | Werkzeug an die Kontur fahren |
| N 60 G 03 X 0 Y 9,250 Z 0,750 I 0 J 4,625 | Einfahrschleife |
| N 70 G 03 X 0 Y 0 Z 1,500 I 0 J-5,000 [F 524] [3] (Mittelpunkt) | Gewindegang fräsen |
| N 80 G 03 X 0 Y-9,250 Z 0,750 I 0 J-4,625 | Ausfahrschleife |
| N 90 G 00 G 40 X 0 Y 4,250 | Werkzeug in die Mitte stellen |
| N 100 G 90 Z 2 | Werkzeug aus der Bohrung fahren |

**Zerspanzeit $t_h$:** **1,3 sec.**

**Hinweise:**

1) Der über die Zahnspitze des Gewindeteils gemessene Fräserradius ist um den Betrag der Fräserradiuskorrektur zu reduzieren. Hiermit wird eine Zustellung auf Mitte der „6H/ISO2-Innengewinde-Toleranz“ erreicht. Die Fräserradiuskorrektur hängt aber auch von der radialen Verdrängung des Werkzeugs ab (Festigkeit des zu fräsenden Materials und Auskraglänge).
2) Der zu programmierende Fräserradius ist üblicherweise im Werkzeugspeicher enthalten.
3) Bei Steuerungen, welche die Berechnung des Mittelpunktvorschubs nicht selbstständig durchführen, müssen die Vorschubwerte in Klammern verwendet werden.



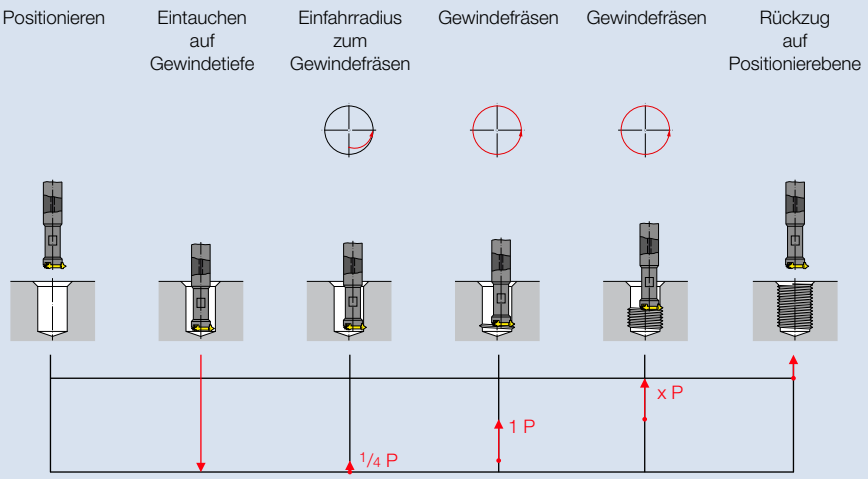
# Gewindefräsen

## Einzelplattenfräser EP

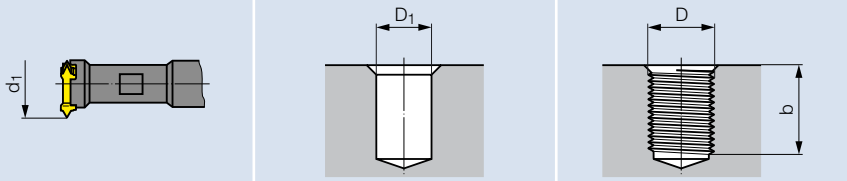
**Vorbearbeitung:** Kernlochbohren, Senken

**Verfahrensprinzip:** Gewindefräsen

**Zyklus:**




**Benötigte Vorgabewerte:**




**Beispiel:**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Abmessung:** | M60x4-6H | | | Firma: | Muster |
| Gewindedurchmesser D: | 60,000 | mm | | Werkstück: | Beispiel |
| Gewindesteigung P: | 4,000 | mm | | Werkstoff: | GAl Si7 |
| Kernlochdurchmesser $D_1$: | 56,000 | mm | | Erstellt: | 16.12.03 |
| **Werkzeug:** | ø43x125 | | | Schneidstoff: | HM |
| Artikelnummer: | GZ331110/GF623101.9520 | | | Beschichtung: | TiN |
| Zähnezahl Z: | 4 | | | | |
| Fräserdurchmesser $d_1$: | 43,000 | mm | (gemessen am Frästeil) | | |
| Fräserradiuskorrektur k [1]: | 0,200 | mm | (0,05 x P) | | |
| zu prog. Fräserradius [2]: | 21,300 | mm | ($^1/_2$ $d_1$ - k) | | |
| Gewindetiefe b: | 32,000 | mm | | | |
| Schnittgeschwindigkeit $v_c$: | 250 | m/min | | | |
| Vorschub (Fräsen) $f_z$: | 0,200 | mm/Zahn | | | |
| Anzahl der Gewindegänge [4]: | 7 | | | | |

$n = \frac{v_c \cdot 1000}{d_1 \cdot \pi}$ S = 1852 $v_f = f_z \cdot Z \cdot n$ F = 1481 (Kontur) $v_f = \frac{v_{f\,Kontur} \cdot (D-d_1)}{D}$ F = 420 (Mittelpunkt)

**Programm nach DIN 66025 (im Gleichlauf, an der Kontur, inkremental)**

| | |
|---|---|
| N 10 G 54 G 90 G 00 X . . . Y . . . Z 2 S 1852 T01 [2] M03 | Positionieren des Werkzeugs über der Bohrung |
| N 20 G 91 G 00 Z-34,000 | Werkzeug in die Bohrung fahren |
| N 30 G 01 Y 2,000 F 1481 (Kontur) [F 210] [3] ($^1/_2$ Mittelpunkt) | Werkzeug außer Mitte stellen |
| N 40 G 41 G 01 X 28,000 | Werkzeug an die Kontur fahren |
| N 50 G 03 X-28,000 Y 28,000 Z 1,000 I-28,000 J 0 | Einfahrschleife |
| N 60 G 03 X 0 Y 0 Z 4 I 0 J-30,000 [F 420] [3] (Mittelpunkt) | Gewindegang fräsen |
| . . . [4] | Gewindegang fräsen wiederholen |
| N 140 G 00 G 40 Y-30,000 | Werkzeug in die Mitte stellen |
| N 150 G 90 Z 2 | Werkzeug aus der Bohrung fahren |

**Zerspanzeit $t_h$:** **62,8 sec.**

**Hinweise:**

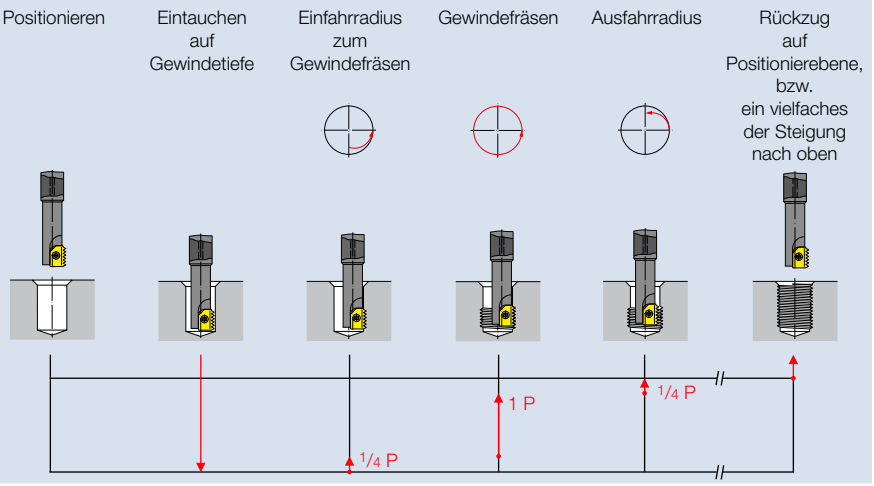
1) Der über die Zahnspitze des Gewindeteils gemessene Fräserradius ist um den Betrag der Fräserradiuskorrektur zu reduzieren. Hiermit wird eine Zustellung auf Mitte der „6H/ISO2-Innengewinde-Toleranz“ erreicht. Die Fräserradiuskorrektur hängt aber auch von der radialen Verdrängung des Werkzeugs ab (Festigkeit des zu fräsenden Materials und Auskraglänge).
2) Der zu programmierende Fräserradius ist üblicherweise im Werkzeugspeicher enthalten.
3) Bei Steuerungen, welche die Berechnung des Mittelpunktvorschubs nicht selbstständig durchführen, müssen die Vorschubwerte in Klammern verwendet werden.
4) **Satz N 60 muß mit Anzahl der Gewindegänge wiederholt werden.**
Wiederholungen N = Gewindetiefe b / Gewindesteigung P (auf ganze Zahlen aufgerundet).



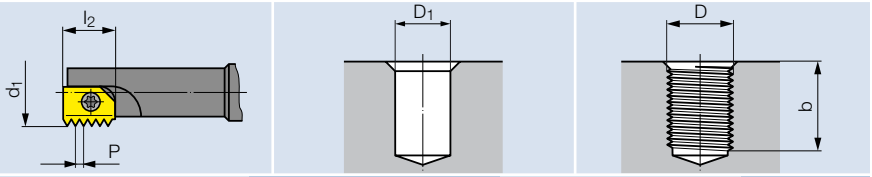
## Wechselplattenfräser WSP

| | |
|---|---|
| **Vorbearbeitung:** | Kernlochbohren, Senken |
| **Verfahrensprinzip:** | Gewindefräsen |

**Zyklus:**




**Benötigte Vorgabewerte:**




**Beispiel:**

| **Abmessung:** | M30x1,5-6H | | | |
|---|---|---|---|---|
| Gewindedurchmesser D: | 30,000 | mm | Firma: | Muster |
| Gewindesteigung P: | 1,500 | mm | Werkstück: | Beispiel |
| Kernlochdurchmesser $D_1$: | 28,500 | mm | Werkstoff: | GAl Si9 |
| **Werkzeug:** | ø 16x125 | | Erstellt: | 16.12.03 |
| Artikelnummer: | GZ301310/GF603115.9514 | | Schneidstoff: | HM |
| Zähnezahl Z: | 1 | | Beschichtung: | TiN |
| Fräserdurchmesser $d_1$: | 16,000 | mm | (gemessen am Frästeil) | |
| Schneidenlänge $l_2$ | 15,000 | mm | | |
| Fräserradiuskorrektur k [1]: | 0,075 | mm | (0,05 x P) | |
| zu prog. Fräserradius [2]: | 7,925 | mm | ($1/2\ d_1$ - k) | |
| Gewindetiefe b: | 25,000 | mm | | |
| Schnittgeschwindigkeit $v_c$: | 250 | m/min | | |
| Vorschub (Fräsen) $f_z$: | 0,150 | mm/Zahn | | |
| Anzahl der Wiederholungen [4]: | 1 | | | |

$n = \frac{v_c \cdot 1000}{d_1 \cdot \pi}$ S = 4976 $v_f = f_z \cdot Z \cdot n$ F = 746 (Kontur) $v_f = \frac{v_{f\,Kontur} \cdot (D-d_1)}{D}$ F = 348 (Mittelpunkt)

**Programm nach DIN 66025 (im Gleichlauf, an der Kontur, inkremental)**

| | |
|---|---|
| N 10 G 54 G 90 G 00 X . . . Y . . . Z 2 S 4976 T01 [2] M03 | Positionieren des Werkzeugs über der Bohrung |
| N 20 G 91 G 00 Z-27,000 | Werkzeug in die Bohrung fahren |
| N 30 G 01 Y 0,750 F 746 (Kontur) [F 174] [3] ($1/2$ Mittelpunkt) | Werkzeug außer Mitte stellen |
| N 40 G 41 G 01 X 14,250 | Werkzeug an die Kontur fahren |
| N 50 G 03 X-14,250 Y 14,250 Z 0,375 I-14,250 J 0 | Einfahrschleife |
| N 60 G 03 X 0 Y 0 Z 1,500 I 0 J-15,000 [F 348] [3] (Mittelpunkt) | Gewindegang fräsen |
| N 70 G 03 X-14,250 Y-14,250 Z 0,375 I 0 J-14,250 | Ausfahrschleife |
| N 80 G 00 G 40 X 14,250 Y-0,750 | Werkzeug in die Mitte stellen |
| N 90 G 00 Z 11,250 [4] | Werkzeug in der Bohrung versetzen |
| . . . [4] | N 30 - N 90 wiederholen |
| N 160 G 90 Z 2 | Werkzeug aus der Bohrung fahren |

**Zerspanzeit $t_h$:** **22,3 sec.**

**Hinweise:**

1) Der über die Zahnspitze des Gewindeteils gemessene Fräserradius ist um den Betrag der Fräserradiuskorrektur zu reduzieren. Hiermit wird eine Zustellung auf Mitte der „6H/ISO2-Innengewinde-Toleranz“ erreicht. Die Fräserradiuskorrektur hängt aber auch von der radialen Verdrängung des Werkzeugs ab (Festigkeit des zu fräsenden Materials und Auskraglänge).
2) Der zu programmierende Fräserradius ist üblicherweise im Werkzeugspeicher enthalten.
3) Bei Steuerungen, welche die Berechnung des Mittelpunktvorschubs nicht selbstständig durchführen, müssen die Vorschubwerte in Klammern verwendet werden.
4) **Die Satznummern N 30 bis N 90 müssen entsprechend der Anzahl der Wiederholungen erneut aufgerufen werden.** Wiederholungen N = Gewindetiefe b / Schneidenlänge $l_2$ (auf ganze Zahlen aufgerundet).



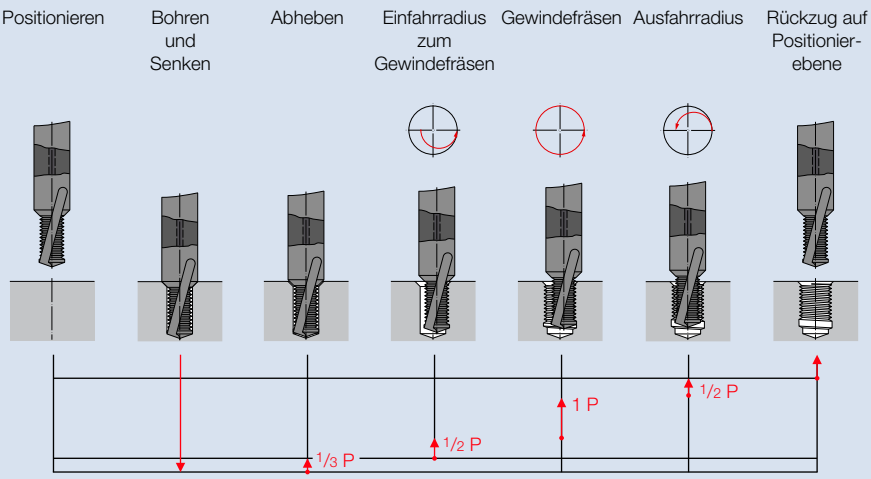
# Gewindefräsen

## Bohrgewindefräser BGF

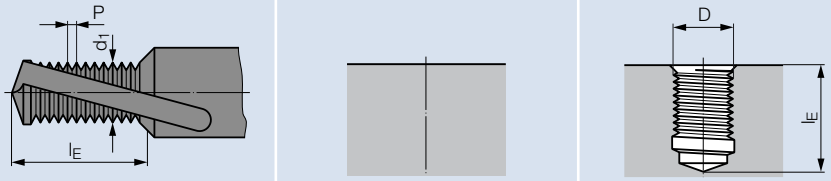
**Vorbearbeitung:** keine

**Verfahrensprinzip:** Bohren, Senken, Gewindefräsen

**Zyklus:**




**Benötigte Vorgabewerte:**




**Beispiel:**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Abmessung:** | M10-6H | | Firma: | Muster |
| Gewindedurchmesser D: | 10,000 | mm | Werkstück: | Beispiel |
| Gewindesteigung P: | 1,500 | mm | Werkstoff: | GAl Si7 |
| Kernlochdurchmesser $D_1$: | 8,500 | mm | Erstellt: | 16.12.03 |
| **Werkzeug:** | BGF 1,5xD | | Schneidstoff: | VHM |
| Artikelnummer: | GF422206.0100 | | Beschichtung: | TiCN |
| Zähnezahl Z: | 2 | | | |
| Fräserdurchmesser $d_1$: | 8,200 | mm | (gemessen am Frästeil) | |
| Fräserradiuskorrektur k [1]: | 0,100 | mm | (0,01 x D) | |
| zu prog. Fräserradius [2]: | 4,000 | mm | ($^1/_2$ $d_1$ - k) | |
| Bohr-/Senktiefe $l_E$: | 19,110 | mm | | |
| Schnittgeschwindigkeit $v_c$: | 250 | m/min | | |
| Vorschub (Bohren, Senken) $f_b$: | 0,250 | mm/U | | |
| Vorschub (Fräsen) $f_z$: | 0,100 | mm/Zahn | | |

$n = \frac{v_c \cdot 1000}{d_1 \cdot \pi}$ S = 9709

$v_b = f_b \cdot n$ F = 2427 (Bohren, Senken)

$v_f = f_z \cdot Z \cdot n$ F = 1942 (Kontur)

$v_f = \frac{v_{f\,Kontur} \cdot (D-d_1)}{D}$ F = 350 (Mittelpunkt)

**Programm nach DIN 66025 (im Gleichlauf, an der Kontur, inkremental)**

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N 10 | G 54 | G 90 | G 00 | X . . . | Y . . . | Z 2 | S 9709 | T01 [2] | M03 | Positionieren des Werkzeugs über der Bohrung |
| N 20 | G 91 | G 01 | Z-21,110 | F 2427 (Bohren, Senken) | | | | | | Kernloch bohren und ansenken |
| N 30 | G 01 | Z 0,500 | | | | | | | | Werkzeug in der Bohrung zurücksetzen |
| N 40 | G 41 | Y-4,250 | F 1942 (Fräsen, Kontur) | | | | [F 175] [3] | ($^1/_2$ Mittelpunkt) | | Werkzeug an die Kontur fahren |
| N 50 | G 03 | X 0 | Y 9,250 | Z 0,750 | I 0 | J 4,625 | | | | Einfahrschleife |
| N 60 | G 03 | X 0 | Y 0 | Z 1,500 | I 0 | J -5,000 | [F 350] [3] | (Mittelpunkt) | | Gewindegang fräsen |
| N 70 | G 03 | X 0 | Y-9,250 | Z 0,750 | I 0 | J- 4,625 | | | | Ausfahrschleife |
| N 80 | G 00 | G 40 | X 0 | Y 4,250 | | | | | | Werkzeug in die Mitte stellen |
| N 90 | G 90 | Z 2 | | | | | | | | Werkzeug aus der Bohrung fahren |

**Zerspanzeit $t_h$:** **2,3 sec.**

**Hinweise:**

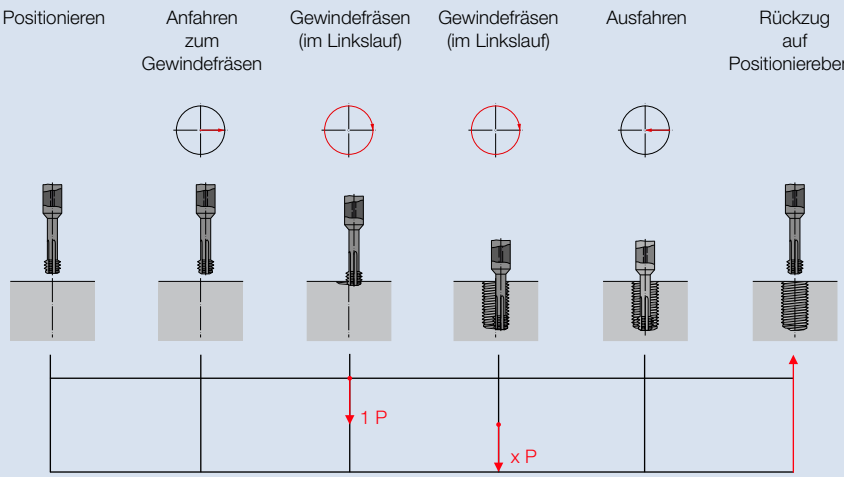
1) Der über die Zahnspitze des Gewindeteils gemessene Fräserradius ist um den Betrag der Fräserradiuskorrektur zu reduzieren. Hiermit wird eine Zustellung auf Mitte der „6H/ISO2-Innengewinde-Toleranz“ erreicht. Die Fräserradiuskorrektur hängt aber auch von der radialen Verdrängung des Werkzeugs ab (Festigkeit des zu fräsenden Materials und Auskraglänge).
2) Der zu programmierende Fräserradius ist üblicherweise im Werkzeugspeicher enthalten.
3) Bei Steuerungen, welche die Berechnung des Mittelpunktvorschubs nicht selbstständig durchführen, müssen die Vorschubwerte in Klammern verwendet werden.



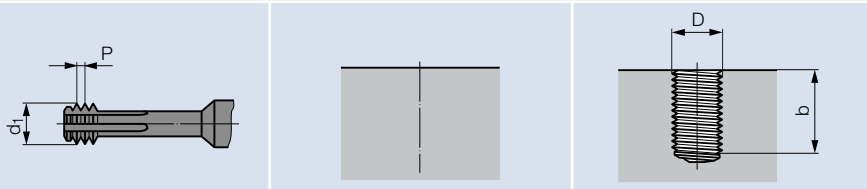
## Zirkular-Bohrgewindefräser ZBGF

| | |
|---|---|
| **Vorbearbeitung:** | keine |
| **Verfahrensprinzip:** | Gewinde und Kernloch fräsen, Senken |

**Zyklus:**




**Benötigte Vorgabewerte:**




**Beispiel:**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Abmessung:** | M12x1,5-6H | | Firma: | Muster |
| Gewindedurchmesser D: | 12,000 | mm | Werkstück: | Beispiel |
| Gewindesteigung P: | 1,500 | mm | Werkstoff: | GAl Si9 |
| Kernlochdurchmesser $D_1$: | - | mm | Erstellt: | 16.12.03 |
| **Werkzeug:** | ZBGF | | Schneidstoff: | VHM |
| Artikelnummer: | GF732257.0100 | | Beschichtung: | TiAlN-T4 |
| Zähnezahl Z: | 4 | | | |
| Fräserdurchmesser $d_1$: | 7,75 | mm | (gemessen am Frästeil) | |
| Fräserradiuskorrektur k [1]: | 0,12 | mm | 0,01 x D; je nach Einsatzfall anpassen | |
| zu prog. Fräserradius [2]: | 3,76 | mm | ($^1/_2$ $d_1$ - k) | |
| Gewindetiefe b: | 15,000 | mm | | |
| Schnittgeschwindigkeit $v_c$: | 250 | m/min | | |
| Vorschub (Fräsen) $f_z$: | 0,100 | mm/Zahn | | |

$n = \frac{v_c \cdot 1000}{d_1 \cdot \pi}$ S = 10273 $v_f = f_z \cdot Z \cdot n$ F = 4109 (Kontur) $v_f = \frac{v_{f\,Kontur} \cdot (D-d_1)}{D}$ F = 1455 (Mittelpunkt)

**Programm nach DIN 66025 (im Gleichlauf, an der Kontur, inkremental)**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N 10 | G 54 | G 90 | G 00 | X . . . | Y . . . | Z 1,500 | S 10273 T01 [2] | M03 [6] | Positionieren des Werkzeugs über der Bohrung |
| N 20 | G 91 | | | | | | | | Programmierung relativ |
| N 30 | G 42 | G 01 | X 0 | Y-6 | F 4109 (Kontur) | | [F 1455] [4] (Mittelpunkt) | | Werkzeug an die Kontur fahren |
| N 40 | G 02 | | X 0 | Y 0 | Z-1,500 | I 0 | J 6,000 | | Gewindegang fräsen |
| . . . [5] | (10 Wiederholungen des Satzes N40) | | | | | | | | Gewindegang fräsen wiederholen |
| N 50 | G 40 | G 01 | X 0 | Y 6 | | | | | Werkzeug in die Mitte stellen |
| N 70 | G 90 | G 00 | Z 1,5 | | | | | | Werkzeug aus der Bohrung fahren |

**Zerspanzeit $t_h$:** **6,6 sec.**

**Hinweise:**

1) Der zu programmierende Fräserradius ist je nach Einsatzfall zu korrigieren, bis das Gewinde die gewünschte Innengewinde-Toleranz, z.B. 6H/ISO2, erreicht. Die Fräserradiuskorrektur hängt aber auch von der radialen Verdrängung des Werkzeugs ab (Festigkeit des zu fräsenden Materials und Auskraglänge).
2) Der zu programmierende Fräserradius ist üblicherweise im Werkzeugspeicher enthalten.
3) Die eingegebene Gewindetiefe b muss durch die Gewindesteigung P teilbar sein.
4) Bei Steuerungen, welche die Berechnung des Mittelpunktvorschubs nicht selbstständig durchführen, müssen die Vorschubwerte in Klammern verwendet werden.
**5) Satz N 40 muss mit Anzahl der Gewindegänge wiederholt werden.**
Wiederholungen N = Gewindetiefe b / Gewindesteigung P (auf ganze Zahlen aufgerundet)
**6) Achtung: M03 für RH-rot. Werkzeug**
**M04 für LH-rot. Werkzeug**
in beiden Fällen (M03 und M04) wird Rechtsgewinde erzeugt!



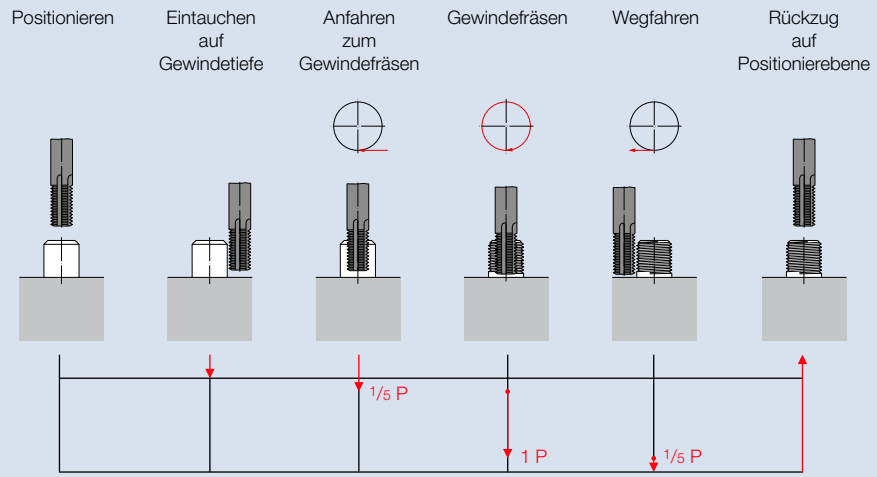
# Gewindefräsen

## Außengewindefräsen

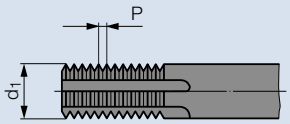
**Vorbearbeitung:** Außendurchmesser vorarbeiten

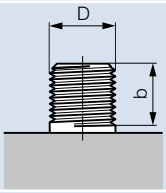
**Verfahrensprinzip:** Gewindefräsen

**Zyklus:**




**Benötigte Vorgabewerte:**




**Beispiel:**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Abmessung:** | M20x1,5-6g | | Firma: | Muster |
| Gewindedurchmesser D: | 20,000 | mm | Werkstück: | Beispiel |
| Gewindesteigung P: | 1,500 | mm | Werkstoff: | GAl Si9 |
| | | | Erstellt: | 16.12.03 |
| **Werkzeug:** | ø20x32x105 | | Schneidstoff: | VHM |
| Artikelnummer: | GF161156.9514 | | Beschichtung: | TiCN |
| Zähnezahl Z: | 5 | | | |
| Fräserdurchmesser $d_1$: | 20,000 | mm | (gemessen am Frästeil) | |
| Fräserradiuskorrektur k [1]: | 0,075 | mm | (0,05 x P) | |
| zu prog. Fräserradius [2]: | 9,925 | mm | ($^1/_2$ $d_1$ - k) | |
| Gewindelänge b: | 20,000 | mm | | |
| Schnittgeschwindigkeit $v_c$: | 250 | m/min | | |
| Vorschub (Fräsen) $f_z$: | 0,150 | mm/Zahn | | |

$n = \frac{v_c \cdot 1000}{d_1 \cdot \pi}$ S = 3981 $v_f = f_z \cdot Z \cdot n$ F = 2986 (Kontur) $v_f = \frac{v_{f\,Kontur} \cdot (D-d_1)}{D}$ F = 5971 (Mittelpunkt)

**Programm nach DIN 66025 (im Gleichlauf, an der Kontur, inkremental)**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N 10 G 54 | G 90 | G 00 | X . . . | Y . . . Z 2 | S 3981 | T01 [2] | M03 | Positionieren des Werkzeugs über dem Außendurchmesser |
| N 20 G 91 | G 00 | X-10,000 | Y 20,000 | | | | | Werkzeug neben Außendrm. positionieren |
| N 30 G 00 | | | Z- 19,750 | | | | | Werkzeug auf Gewindetiefe fahren |
| N 40 G 41 | G 01 | Y-10,975 | F 2986 (Fräsen, Kontur) | [F 2986] [3] ($^1/_2$ Mittelpunkt) | | | | Werkzeug an die Kontur fahren |
| N 50 | X 10,000 | | Z-0,300 | | | | | Einfahrbewegung |
| N 60 G 02 | X 0 | Y 0 | Z-1,500 | I 0 | J-9,025 | [F 5971] [3] (Mittelpunkt) | | Gewindegang fräsen |
| N 70 G 01 | X 10,000 | Y 0 | Z-0,300 | | | | | Ausfahrbewegung |
| N 80 G 40 | G 00 | Y 10,975 | | | | | | Werkzeug neben Außendrm. positionieren |
| N 90 G 90 | Z 2 | | | | | | | Werkzeug auf Starthöhe fahren |

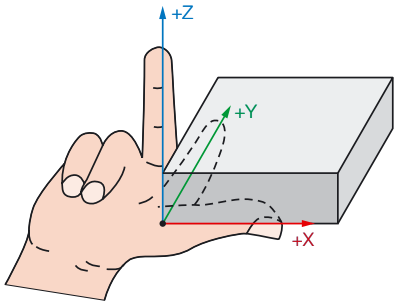
**Zerspanzeit $t_h$:** **1,5 sec.**

**Hinweise:**

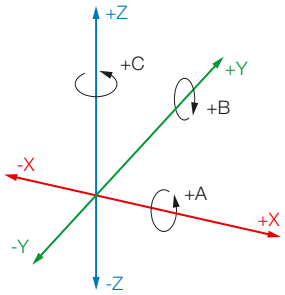
1) Der über die Zahnspitze des Gewindeteils gemessene Fräserradius ist um den Betrag der Fräserradiuskorrektur zu reduzieren. Hiermit wird eine Zustellung auf Mitte der „6g/ISO2-Außengewinde-Toleranz“ erreicht. Die Fräserradiuskorrektur hängt aber auch von der radialen Verdrängung des Werkzeugs ab (Festigkeit des zu fräsenden Materials und Auskraglänge).
2) Der zu programmierende Fräserradius ist üblicherweise im Werkzeugspeicher enthalten.
3) Bei Steuerungen, welche die Berechnung des Mittelpunktvorschubs nicht selbstständig durchführen, müssen die Vorschubwerte in Klammern verwendet werden.

## 10.4.6 Grundlagen der CNC-Technik

### 10.4.6.1 Rechtwinklige Koordinatenachsen an CNC-Werkzeugmaschinen, DIN 6617




Achsbezeichnung bei vertikaler Z-Achse
(Hauptspindel)




Kartesisches Koordinatensystem
bei vertikaler Z-Achse

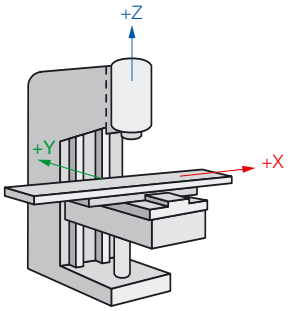
A, B und C bezeichnen Drehungen (Drehbewegungen), deren Achsen parallel zu X, Y und Z sind

### 10.4.6.2 Bewegungsrichtungen an CNC-Werkzeugmaschinen

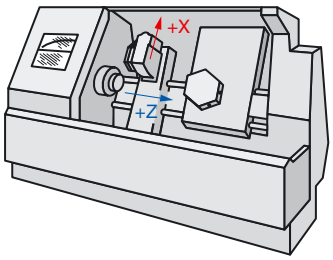
**Z-Achse** fällt mit der Arbeitsspindel zusammen. Die positive Richtung der Z-Achse verläuft vom Werkstück zum Werkzeug.

**X-Achse** liegt parallel zur Aufspannfläche des Werkstücks und soll nach Möglichkeit horizontal verlaufen.

**Y-Achse** ist durch die Lage und Richtung der Z-Achse und der X-Achse festgelegt.




Senkrecht-Konsolfräsmaschine




Schrägbettdrehmaschine
(Werkzeug hinter Drehmitte)





### 10.4.6.3 Programmaufbau für CNC-Maschinen, DIN 66025-1 und -2

Ein Programm besteht aus Daten, die in Form von Programmsätzen in die Steuerung eingegeben werden. Jeder Programmsatz kann aus mehreren Wörtern bestehen. Die Wörter eines Programmsatzes können enthalten: programmtechnische Anweisungen, geometrische Anweisungen, technologische Anweisungen. Jedes Wort besteht aus einem Adressbuchstaben und einer Schlüsselzahl, z.B. G01.

| Number | Go | | Feed | Speed | Tool | Miscellaneous |
|---|---|---|---|---|---|---|
| N40 | G00 | X50 Z-120 | F0.35 | S1400 | T05 | M03 |
| Satznummer (40) | Wegbedingung (Eilgang) | Koordinaten des Ziel-punkts | Vorschub (0,35 mm) | Umdrehungsfrequenz 1400 $min^{-1}$ | Werkzeug (Nr. 5) | Zusatzfunktion (Spindel im Uhrzeigersinn) |
| programm-technische Anweisung | geometrische Anweisungen | | technologische Anweisungen | | | |

### 10.4.6.4 Adressbuchstaben

| Buchstabe | Bedeutung |
|---|---|
| A | Drehung um die X-Achse |
| B | Drehung um die Y-Achse |
| C | Drehung um die Z-Achse |
| D | Werkzeugkorrekturspeicher (oder frei verfügbar) |
| E | zweiter Vorschub (oder frei verfügbar) |
| F | Vorschub |
| G | Wegbedingung |
| H | frei verfügbar |
| I | Interpolationsparameter oder Gewindesteigung parallel zur X-Achse |
| J | Interpolationsparameter oder Gewindesteigung parallel zur Y-Achse |
| K | Interpolationsparameter oder Gewindesteigung parallel zur Z-Achse |
| L | frei verfügbar |
| M | Zusatzfunktion |
| N | Satz-Nr. |
| O | frei verfügbar |
| P | dritte Bewegung parallel zur X-Achse |
| Q | dritte Bewegung parallel zur Y-Achse |
| R | dritte Bewegung parallel zur Z-Achse |
| S | Spindelumdrehungsfrequenz |
| T | Werkzeug-Nr. |
| U | zweite Bewegung parallel zur X-Achse |
| V | zweite Bewegung parallel zur Y-Achse |
| W | zweite Bewegung parallel zur Z-Achse |
| X | Bewegung in Richtung X-Achse |
| Y | Bewegung in Richtung Y-Achse |
| Z | Bewegung in Richtung Z-Achse |

### 10.4.6.5 Wegbedingungen (G-Funktionen)

| Code | Bedeutung | wirksam | |
|---|---|---|---|
| | | gespeichert [1] | satzweise [2] |
| G00 | Punktsteuerungsverhalten Eilgang | • | |
| G01 | Geraden-Interpolation | • | |
| G02 | Kreis-Interpolation im Uhrzeigersinn (CW) | • | |
| G03 | Kreis-Interpolation im Gegenuhrzeigersinn (CCW) | • | |
| G04 | Verweilzeit | | • |
| G06 | Parabel-Interpolation | • | |
| G08 | Geschwindigkeitszunahme | | • |
| G09 | Geschwindigkeitsabnahme | | • |
| G17 | Ebenenauswahl XY | • | |
| G18 | Ebenenauswahl ZX | • | |
| G19 | Ebenenauswahl YZ | • | |
| G33 | Gewindeschneiden, Steigung gleichbleibend | • | |
| G34 | Gewindeschneiden, Steigung konstant zunehmend | • | |
| G35 | Gewindeschneiden, Steigung konstant abnehmend | • | |
| G40 | Werkzeugkorrektur aufheben | • | |
| G41 | Werkzeugbahnkorrektur, links | • | |
| G42 | Werkzeugbahnkorrektur, rechts | • | |
| G43 | Werkzeugkorrektur, positiv | | • |
| G44 | Werkzeugkorrektur, negativ | | • |
| G53 | Aufheben von G54-G59 | • | |
| G54 | Nullpunktverschiebung 1 | • | |
| G55 | Nullpunktverschiebung 2 | • | |
| G56 | Nullpunktverschiebung 3 | • | |
| G57 | Nullpunktverschiebung 4 | • | |
| G58 | Nullpunktverschiebung 5 | • | |
| G59 | Nullpunktverschiebung 6 | • | |
| G63 | Gewindebohren | | • |
| G70 | Maßangabe in inch | • | |
| G71 | Maßangabe in Millimeter | • | |
| G74 | Referenzpunkt anfahren | | • |
| G80 | Arbeitszyklus aufheben | • | |
| G81 | Arbeitszyklus 1 | • | |
| G82 | Arbeitszyklus 2 | • | |
| G83 | Arbeitszyklus 3 | • | |
| G84 | Arbeitszyklus 4 | • | |
| G85 | Arbeitszyklus 5 | • | |
| G86 | Arbeitszyklus 6 | • | |
| G87 | Arbeitszyklus 7 | • | |
| G88 | Arbeitszyklus 8 | • | |
| G89 | Arbeitszyklus 9 | • | |
| G90 | absolute Maßangabe | • | |
| G91 | inkrementale Maßangabe | • | |
| G92 | Speicher setzen | | • |
| G93 | zeitreziproke Vorschubverschlüsselung | • | |
| G94 | Vorschub in mm/min | • | |
| G95 | Vorschub in mm | • | |
| G96 | konstante Schnittgeschwindigkeit | • | |
| G97 | Umdrehungsfrequenz | • | |

Nicht aufgeführte Wegbedingungen sind vorläufig oder ständig frei verfügbar.

[1] Wegbedingungen, die so lange wirksam bleiben, bis sie durch eine artgleiche Bedingung überschrieben werden.
[2] Wegbedingungen, die nur in dem Satz wirksam sind, in dem sie programmiert sind.

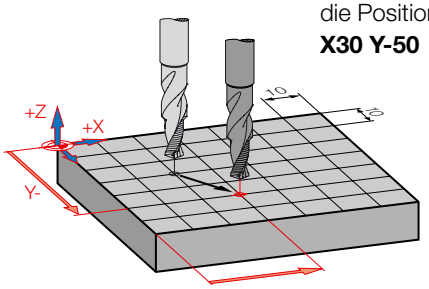


# Gewindefräsen

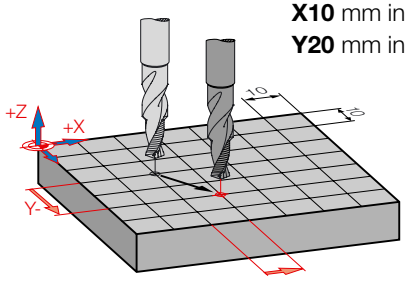
## 10.4.6.6 Maßangaben G90 und G91

| Absolut | | | | Inkremental | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bezug auf Werkstücknullpunkt | | | | Bezug auf die momentane Werkstückposition | | | |
| **G90** | **X30** | **Y-50** | **bedeutet:** | **G91** | **X10** | **Y - 20** | **bedeutet:** |

Fahre **AUF**
die Position
**X30 Y-50**

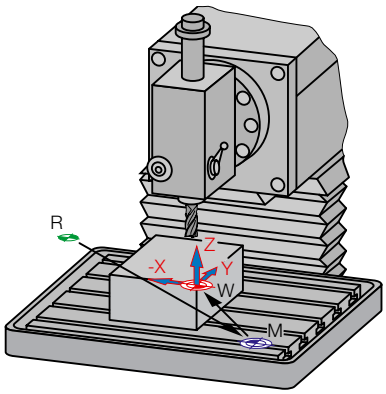



Fahre **UM**
**X10** mm in + Richtung
**Y20** mm in – Richtung




## 10.4.5.7 Nullpunktverschiebung G54 bis G59

Beim Abschalten der Maschine „verliert“ die Steuerung den Werkstücknullpunkt W.




**M = Maschinennullpunkt**
M wird vom Hersteller festgelegt (= **maschinen**festes Koordinatensystem).

**R = Referenzpunkt**
Erst nach dem Anfahren des Referenzpunktes R „weiß die Steuerung, wo das Werkzeug steht“.

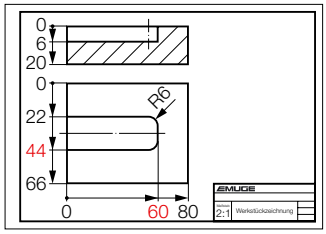
**W = Werkstücknullpunkt**
W wird vom Programmierer frei gewählt ( **werkstück**abhängiges Koordinatensystem).

| Nullpunktverschiebung | | |
|---|---|---|
| G54 - G59 | Speichern der Verschiebung von **M** nach **W** | Effekt: Die Steuerung findet nach dem Einschalten den Werkstücknullpunkt **W** wieder |
| G53 | hebt G54-G59 auf | Zurücksetzen der Verschiebung bzw. Verschiebung von **W** nach **M** |

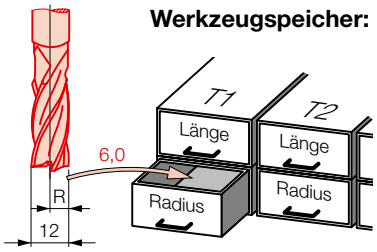
## 10.4.6.8 Werkzeug-Radiuskorrektur und Fräser-Mittelpunktbahn G40 bis G42

Durch die Werkzeug-Radiuskorrektur wird es möglich, die Werkstückmaße zu programmieren.

**Prinzip:**

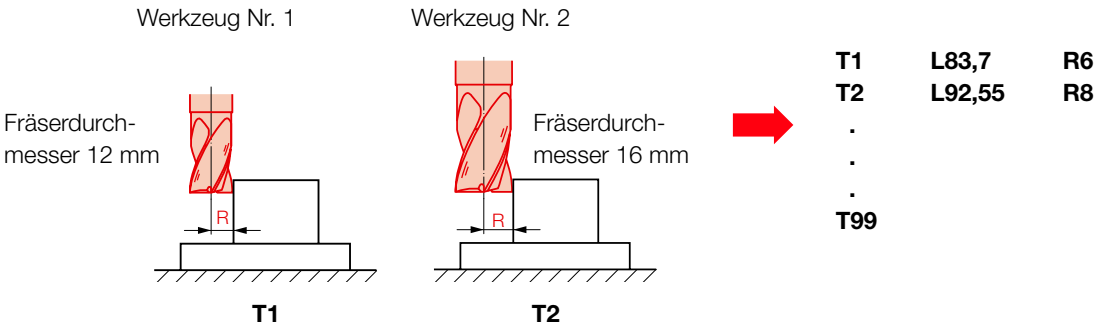



| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| N8 | G42 | | | |
| N9 | | | X60 | |
| N10 | | | | Y44 |
| N11 | | X-8 | | |



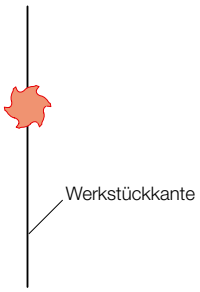

**Die Werkstückmaße werden programmiert, die Steuerung berechnet mit dem jeweiligen Radiuswert R die Werkzeugmittelpunktbahn.**

**Eingabe in den Werkzeugspeicher:**




Damit die Steuerung aus den Programm-Daten und den Werkzeugspeicher-Daten die Fräser-Mittelpunktbahn berechnen kann, muss ihr mitgeteilt werden, wo das Werkzeug fräsen soll.

**G40**
keine
Radiuskorrektur

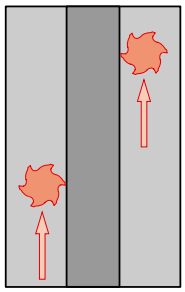



Mit G40 werden
G41, G42, G43 und G44
aufgehoben.

**G41** Radiuskorrektur links… von der Fräskontur

**G42** Radiuskorrektur rechts… von der Fräskontur

**Merkhilfe**
G4**l** = **l**inks

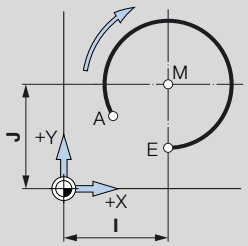
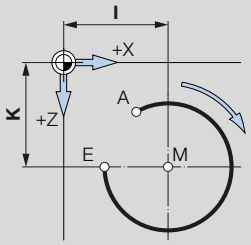
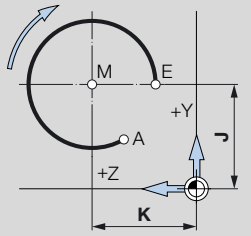


Bewegungsrichtung = Blickrichtung





### 10.4.6.9 Die Kreismittelpunktkoordinaten G17 bis G19

| Bedingung | Adresse | parallel zu | Fräsen des Kreisbogens in der Ebene | Befehl | mit |
|---|---|---|---|---|---|
| Wenn die Programmierung von Kreisbögen mit der Adresse R nicht möglich ist, muss der Kreis-mittelpunkt programmiert werden. Das geschieht mit den Adressen I, J, K. | **I**-Koordinate | **X**-Achse |  A = Anfangspunkt<br>E = Endpunkt<br>M = Mittelpunkt | **G17** | **I** |
| | **J**-Koordinate | **Y**-Achse | | | **J** |
| | **I**-Koordinate | **X**-Achse |  | **G18** | **I** |
| | **K**-Koordinate | **Z**-Achse | | | **K** |
| | **J**-Koordinate | **Y**-Achse |  | **G19** | **J** |
| | **K**-Koordinate | **Z**-Achse | | | **K** |



## 10.5 Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit und den Vorschub

**Vollhartmetall**

| | | Gewindefräsen allgemein | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Schnittgeschwindigkeit $v_c$ in m/min | | Vorschub pro Zahn $f_z$ in mm | |
| **Einsatzgebiete** | **Festigkeit** | **unbeschichtet** | **TiCN-beschichtet** | **Fräserdurchmesser $d_1$ bis 8 mm** | **über 8 mm** |
| Knet-Aluminium, Guss-Aluminium | | 100 - 250 | 150 - 400 | 0,05 - 0,08 | 0,07 - 0,20 |
| Grauguss GG | | 80 - 140 | 100 - 200 | 0,04 - 0,07 | 0,05 - 0,15 |
| Sphäroguss GGG | | 60 - 120 | 80 - 200 | 0,04 - 0,07 | 0,05 - 0,15 |
| Stahl niedriglegiert und unlegiert | < 400 N/mm² | 40 - 100 | 80 - 250 | 0,04 - 0,07 | 0,05 - 0,15 |
| Stahl niedriglegiert | 400-800 N/mm² | 30 - 80 | 60 - 120 | 0,04 - 0,07 | 0,05 - 0,15 |
| Stahl hochlegiert | > 800 N/mm² | 20 - 60 | 40 - 150 | 0,03 - 0,05 | 0,04 - 0,12 |
| rostfreier Stahl | < 850 N/mm² | 20 - 60 | 40 - 150 | 0,03 - 0,05 | 0,04 - 0,12 |
| Cr-Ni-Stähle, Titanlegierungen | > 850 N/mm² | 15 - 50 | 20 - 80 | 0,03 - 0,05 | 0,04 - 0,10 |
| Kunststoffe, Duroplaste, Thermoplaste | | 60 - 150 | 100 - 400 | 0,05 - 0,10 | 0,08 - 0,25 |

**HSS-E**

| | Gewindefräsen allgemein | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Schnittgeschwindigkeit $v_c$ in m/min | | Vorschub pro Zahn $f_z$ in mm | |
| **Einsatzgebiete** | **unbeschichtet** | **TiCN-beschichtet** | **Fräserdurchmesser $d_1$ über 8 mm** | |
| Aluminium, Aluminiumlegierungen | 10 - 20 | 20 - 40 | 0,07 - 0,20 | |
| Kunststoffe ohne abrasive Faserverstärkung | 40 - 80 | 40 - 80 | 0,08 - 0,25 | |



# Gewindefräsen

**Vollhartmetall**

| Einsatzgebiete | Bohrgewindefräsen (BGF) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Schnittgeschwindigkeit $v_c$ in m/min | | Vorschub Bohren $f_b$ in mm/U | | Vorschub Fräsen $f_z$ in mm/Zahn | |
| | unbeschichtet | TiCN-beschichtet | Fräserdurchmesser $d_1$ bis 8 mm | Fräserdurchmesser $d_1$ über 8 mm | Fräserdurchmesser $d_1$ bis 8 mm | Fräserdurchmesser $d_1$ über 8 mm |
| Guss-Aluminium | 100 - 250 | 150 - 400 | 0,15 - 0,30 | 0,20 - 0,40 | 0,05 - 0,08 | 0,07 - 0,15 |
| Grauguss GG | 80 - 140 | 100 - 200 | 0,10 - 0,25 | 0,20 - 0,40 | 0,04 - 0,07 | 0,05 - 0,12 |
| Duroplaste kurzspanend | 60 - 150 | 100 - 400 | 0,15 - 0,30 | 0,20 - 0,40 | 0,05 - 0,10 | 0,08 - 0,20 |

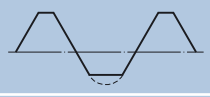
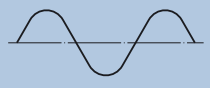
**Vollhartmetall**

| Einsatzgebiete | | Zirkular-Bohrgewindefräsen (ZBGF) | |
|---|---|---|---|
| | | Schnittgeschwindigkeit $v_c$ in m/min | Vorschub pro Zahn $f_z$ in mm |
| | | beschichtet | |
| Typ „W“ | gut spanbare Stähle bis 900 N/mm² | 150 - 250 | 0,05 - 0,08 |
| | vergütete, hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² | 100 - 200 | 0,03 - 0,05 |
| | rostfreie Stähle | 100 - 200 | 0,03 - 0,05 |
| | Aluminiumlegierungen | 200 - 300 | 0,05 - 0,10 |
| | Grauguss, Sphäroguss | 200 - 300 | 0,05 - 0,08 |
| Typ „H“ | gehärtete Stähle bis 60 HRC | 30 - 40 | 0,03 - 0,05 |
| Typ „T“ | Aluminiumlegierungen | 200 - 300 | 0,05 - 0,10 |
| | Grauguss | 200 - 300 | 0,05 - 0,08 |

## 10.6 Hinweise zur Geometrie von Gewindefräsern

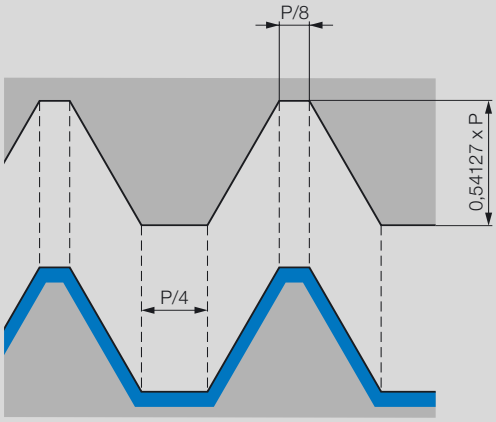
### 10.6.1 Fräserprofile für Innen- und Außengewinde

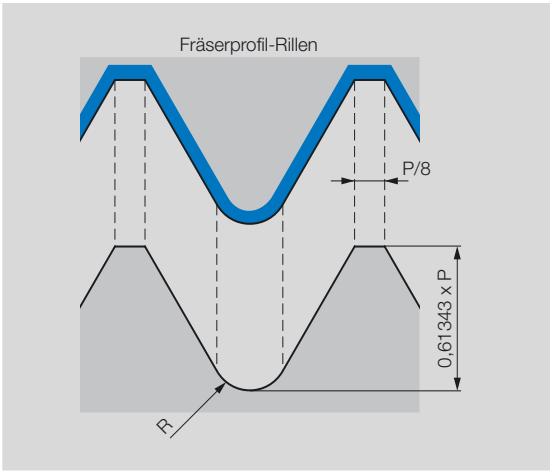
Grundsätzlich sind die Werkzeuge zur Herstellung von Innen- oder Außengewinde zu unterscheiden. In manchen Fällen kann das Werkzeug für beide Gewindearten eingesetzt werden. Möglich ist dies bei symmetrischen Gewindeprofilen mit Werkzeugen ohne Profilkorrektur.

| Gewindeprofil | Beispiele | Werkzeuge |
|---|---|---|
| unsymmetrisch  | Metrisches ISO-Gewinde (M)<br>Amerikanisches Unified-Gewinde (UNC, UNF) | Für Innen- und Außengewinde wird je ein Werkzeug benötigt |
| symmetrisch  | Whitworth-Gewinde (BSW, BSF)<br>Rohrgewinde (G)<br>Stahlpanzerrohr-Gewinde (Pg) | Mit einem Werkzeug ohne Profilkorrektur kann Innen- und Außengewinde hergestellt werden |

Ableitung des theoretischen Fräserprofils vom theoretischen Innengewinde-/Außengewindeprofil anhand des Metrischen Gewindes:

**Innengewinde**



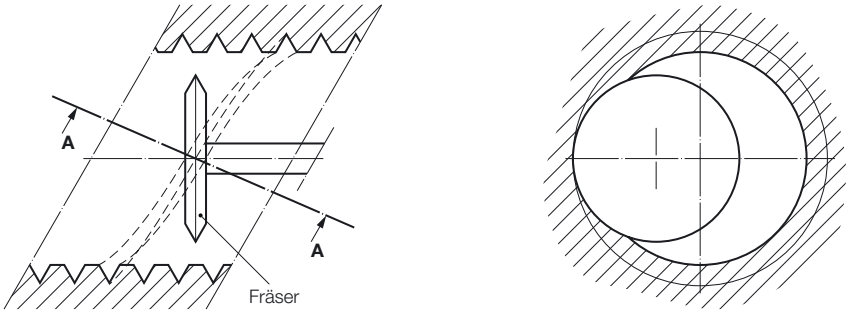

**Außengewinde**



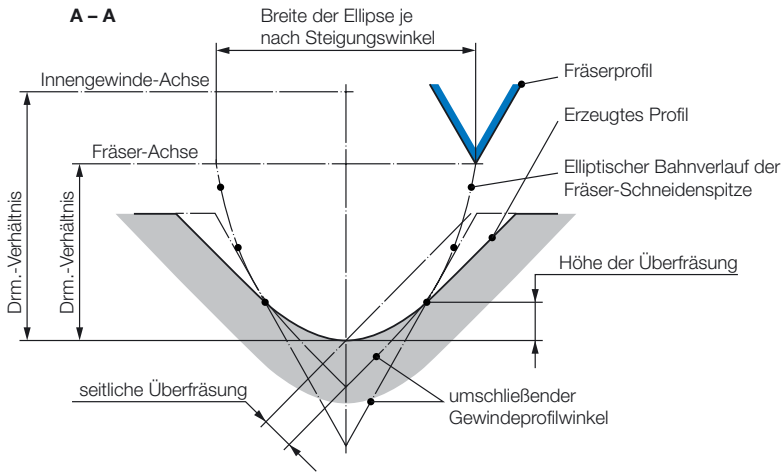
# Gewindefräsen

## 10.6.2 Profilkorrektur am Gewindefräser

In der normalen Konfiguration des zirkularen Gewindefräsens weicht die Rotationsebene des Fräserprofils zu der der Gewindesteigung (Wendelnut) um den Betrag des Steigungswinkels voneinander ab.




Durch diesen Umstand kommt es zum Abwälzen des Fräserprofils, so dass sich am gefrästen Gewinde eine dementsprechende Profilverzerrung einstellt. Um diese Verzerrung zu berücksichtigen, wird das Profil des Fräsers korrigiert.




**Folgende Faktoren beeinflussen die Profilverzerrung:**

- Durchmesserverhältnis Fräser/Gewinde
- Gewindesteigungswinkel
- Gewindeflankenwinkel

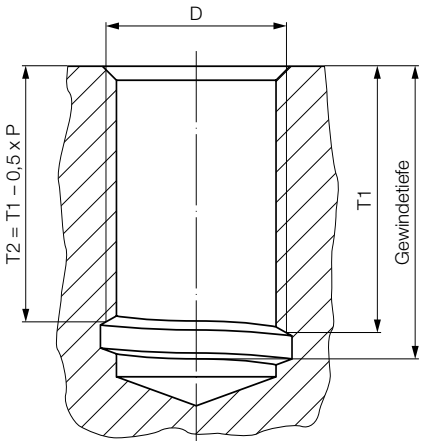
### Gewindefräser mit und ohne Profilkorrektur

| Profiltyp: | ohne Profilkorrektur | mit Profilkorrektur |
|---|---|---|
| Werkzeugtyp: | GF, EP, WSP | GSF, BGF, ZBGF |
| Kennzeichnung: | Gewindesteigung,<br>Gewindeart,<br>Innen- oder Außengewinde | bestimmte Gewindeabmessung<br>oder Abmessungsbereich,<br>Einschraubtiefe |
| Beispiel: | P1,5 ISO - Innen | M20 - 2 x D, M6 - M7 GT 12 |
| Einsatzbereich: | ab einer errechneten Gewinde-abmessung alle Gewinde mit dieser Steigung | angegebene Abmessung oder Bereich |
| Regel für Innengewinde: | **Regelgewinde:**<br>Fräser-Drm. $_{max}$ = $^{2}/_{3}$ Gewinde-Drm.<br>**Feingewinde:**<br>Fräser-Drm. $_{max}$ = $^{3}/_{4}$ Gewinde-Drm. | |
| Regel für Außengewinde: | Fräser-Drm. $_{max}$ = Gewinde-Drm. | |

## 10.6.3 Gewindetiefe (Einschraubtiefe) – Tragtiefe

| Begriffe | |
|---|---|
| Gewindetiefe (Einschraubtiefe) | • bezeichnet die mindest nutzbare Länge eines Innengewindes<br>• wird bei GSF und BGF als Vielfaches des Gewinde-Nenndurchmessers angegeben z.B. 1,5 x D; 2 x D usw.<br>• sowohl Gewindetiefe als auch Einschraubtiefe sind gebräuchliche Begriffe |
| Tragtiefe | • gilt für Gewinde mit Freistich oder Schutzsenkung<br>• bezeichnet beim BGF den tatsächlichen Anteil an vorhandenen Gewindegängen, die für Festigkeitsbetrachtungen in Frage kommen können (siehe Tabelle)<br>• ist abhängig von tatsächlicher Einschraubtiefe eines Außengewindes |

**Beispiele für Gewindetiefen und Tragtiefen, die mit einem Bohrgewindefräser erzeugt werden:**




### Metrisches Regelgewinde

| Abmessung D | P | Tragtiefe T1 bei Gewindetiefe 1) 1,5 x D | 2 x D | 2,5 x D |
|---|---|---|---|---|
| M 4 | 0,7 | 5,5 | 7,6 | – |
| M 5 | 0,8 | 7 | 9,4 | – |
| M 6 | 1 | 8,7 | 11,7 | 14,7 |
| M 8 | 1,25 | 10,9 | 14,6 | 19,6 |
| M 10 | 1,5 | 14,5 | 19 | 23,5 |
| M 12 | 1,75 | 16,9 | 22,2 | 29,2 |
| M 14 | 2 | 19,3 | 27,3 | 35,3 |
| M 16 | 2 | 23,3 | 31,3 | 39,3 |

1) Hier sind die jeweiligen Herstellerangaben zu beachten.
Durch Auf- oder Abrunden der Anzahl Teilungen P können Tragtiefen und Gewindetiefen um +/– 1 x P, je nach Hersteller, variieren.

### Metrisches Feingewinde

| Abmessung D x P | Tragtiefe T1 bei Gewindetiefe 1) 1,5 x D | 2 x D |
|---|---|---|
| M 4 x 0,5 | 6,05 | 8,05 |
| M 5 x 0,5 | 7,55 | 10,05 |
| M 6 x 0,75 | 8,95 | 11,95 |
| M 8 x 1 | 11,9 | 15,9 |
| M 10 x 1 | 14,9 | 19,9 |
| M 12 x 1 | 17,95 | 23,95 |
| M 12 x 1,5 | 17,75 | 23,75 |
| M 14 x 1,5 | 20,75 | 26,75 |
| M 16 x 1,5 | 23,8 | 31,3 |

1) Hier sind die jeweiligen Herstellerangaben zu beachten.
Durch Auf- oder Abrunden der Anzahl Teilungen P können Tragtiefen und Gewindetiefen um +/– 1 x P, je nach Hersteller, variieren.





## 10.6.4 Modifikationen an Gewindefräsern



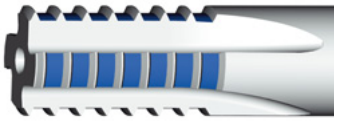


| Stirnfase ohne/mit Stirnschnitt | |
|---|---|
| geeignet für: | • GF, GSF, BGF (Stirnfase am Bohrteil) |
| Bemerkung: | • Stirnfase für zirkulares Anfasen des Kernloches und/oder bei vorgegossenen Kernlöchern<br>• zusätzlicher Stirnschnitt für zirkulares Planfräsen und/oder bei vorgegossenem Bohrungsgrund |





| unvollständigen Gang entfernen | |
|---|---|
| geeignet für: | • GF, GSF, BGF |
| Bemerkung: | • am schaftseitigen Ende des Frästeils wird eine Stufe min. 1 x P lang hinterschliffen<br>• bei entsprechender Eintauchtiefe wird beim Gewindefräsen der unvollständige, gratbehaftete Gewindeauslauf abgefräst (entfernt) |

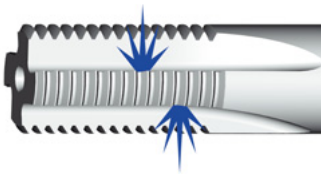




| AZR (radial ausgesetzte Zahnreihen) | |
|---|---|
| geeignet für: | • GF, GSF, BGF |
| Bemerkung: | • durch **AZR** werden die Seitenkräfte beim Gewindefräsen reduziert; die zyklisch fehlenden Gewindelücken werden durch zusätzliche zirkulare Fräsumläufe gefräst<br><br>Eine nicht gezeigte Variante wäre auch **AZ** (abwechselnd ausgesetzte Zähne)<br><br>Vorteil:<br>• zusätzliche zirkulkare Fräsumläufe entfallen; dadurch normale Einstichbreite am Bohrungsgrund bei BGF<br><br>Nachteile:<br>• höhere Fertigungskosten<br>• langsamer Fräsvorschub |



| Halsfreischliff | |
|---|---|
| geeignet für: | • GF, GSF (Senkfase entfällt) |
| Bemerkung: | • für größere Gewindetiefen (gesamte Gewindetiefe setzt sich aus zwei Fräsdurchläufen zusammen)<br>• für konstanten Schnittdruck wird Frästeillänge und Halslänge im Verhältnis 1:1 aufgeteilt!<br>• Frästeillänge und Versatz für zweiten Fräsdurchlauf sind immer ein ganzzahliges Vielfaches der Profilteilung |



| IKZN (innere Kühlmittelzufuhr mit Nutaustritt) | |
|---|---|
| geeignet für: | • GF, GSF |
| Bemerkung: | • für die Bearbeitung von Durchgangslöchern (Axialbohrung stirnseitig verschlossen)<br>• für maximale Stabilität des Frästeils sind die seitlichen Austrittsbohrungen axial versetzt angeordnet |



| Schaftkühlnuten | |
|---|---|
| geeignet für: | • GF, GSF, BGF |
| Bemerkung: | • für die Bearbeitung von Durchgangslöchern<br>• zusätzlich oder ersatzweise zu IKZ oder IKZN<br>• ggf. unterstützend zur Kühlung der Senkfase bei GSF und BGF oder des Plansenkers bei MoSys-Anwendungen |





## 10.7 Fehler, Ursachen und Abhilfe

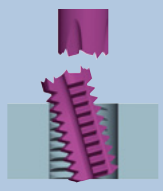
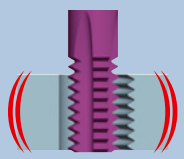
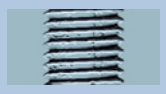
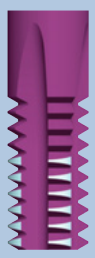
| festgestellter Fehler | eventuelle Ursache | Abhilfe |
|---|---|---|
| Werkzeugbruch beim Anfahren  | • Vorschub zu hoch<br>• Programm fehlerhaft<br>• Werkzeug verschlissen<br>• gespeicherter Fräserradius falsch<br>• Kollision | • Vorschub je Zahn überprüfen<br>• Programm prüfen/Programmierhilfe verwenden<br>• Werkzeugwechsel<br>• gespeicherten Fräserradius prüfen und korrigieren<br>• Störkonturen an Werkstück und Vorrichtung prüfen |
| Rattern/ Vibrationen (siehe Bild 1)  | • Schnittgeschwindigkeit nicht optimal<br>• Vorschub von Werkzeug und/oder Werkstück<br>• Stabilität der Maschine/Spannung nicht ausreichend<br>• Werkzeug für Bearbeitungsfall nicht geeignet<br>• Gewindelänge zu groß (System Maschine/Werkzeug überlastet) | • Schnittgeschwindigkeit überprüfen<br>• Vorschub je Zahn prüfen<br>• geeignete Maschine/Spannung einsetzen<br>• Werkzeug mit ausreichender Stabilität einsetzen<br>• Auskraglänge des Werkzeugs verringern<br>• spiralgenutetes Werkzeug einsetzen<br>• Rundlauf prüfen und evtl. verbessern<br>• Programm ändern auf radiale Schnittaufteilung $^{2}/_{3}$ - $^{1}/_{3}$ der Profiltiefe<br>• Programm auf axiale Schnittaufteilung in % 50/50 ändern |
| schlechte Werkstück-oberfläche (siehe Bild 2)  | • Schnittgeschwindigkeit zu hoch/zu gering<br>• Vorschub zu hoch/zu gering<br>• Werkzeug für Bearbeitungsfall nicht geeignet<br>• Absatz im Gewinde | • Schnittgeschwindigkeit ändern<br>• Vorschub je Zahn ändern<br>• spiralgenutetes Werkzeug einsetzen<br>• Rundlauf prüfen und evtl. verbessern<br>• beschichtetes Werkzeug einsetzen<br>• Programm prüfen/Programmierhilfe verwenden |
| übermäßiger Verschleiß an der Freifläche (siehe Bild 3)  | • Schnittgeschwindigkeit zu hoch<br>• Vorschub zu gering<br>• Stabilität der Maschine/Spannung nicht ausreichend<br>• Werkzeug für Bearbeitungsfall nicht geeignet<br>• Programm für Bearbeitungsfall nicht geeignet<br>• ungenügende Schmierung | • Schnittgeschwindigkeit verringern<br>• Vorschub je Zahn erhöhen<br>• Geeignete Maschine/Spannung einsetzen<br>• Werkzeug mit größerem Durchmesser und/oder höherer Schneidenzahl einsetzen<br>• Werkzeug mit geringem Drall einsetzen<br>• Werkzeug beschichten<br>• Programm auf Gleichlauffräsen ändern/Programmierhilfe verwenden<br>• Kühlschmiermittel-Zuführung und Druck kontrollieren |

Bild 1

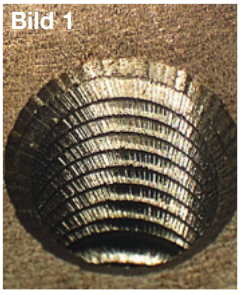
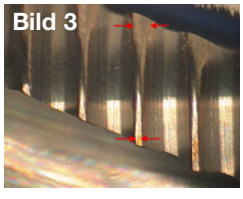


Bild 2



Bild 3



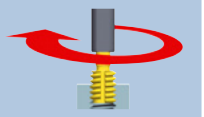
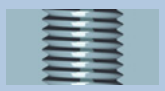
| festgestellter Fehler | eventuelle Ursache | Abhilfe |
|---|---|---|
| Schneidkanten-ausbrüche (siehe Bild 4)  | • Vorschub zu hoch<br>• Stabilität der Maschine/Spannung nicht ausreichend<br>• Werkzeug für Bearbeitungsfall nicht geeignet<br>• Programm für Bearbeitungsfall nicht geeignet<br>• ungenügende Spanabfuhr | • Vorschub je Zahn verringern<br>• geeignete Maschine/Spannung einsetzen<br>• Werkzeug mit ausreichender Stabilität einsetzen<br>• Werkzeug beschichten<br>• Programm auf Gleichlauffräsen ändern/Programmierhilfe verwenden<br>• innere Kühlmittelzufuhr einsetzen<br>• Kühlmitteldruck erhöhen |
| Gewinde wird konisch (Lehre klemmt im unteren Bereich)  | • Stabilität der Maschine/Spannung nicht ausreichend<br>• Werkzeug für Bearbeitungsfall nicht geeignet<br>• Programm für Bearbeitungsfall nicht geeignet<br>• Vorschub zu hoch | • geeignete Maschine/Spannung einsetzen<br>• für hochfeste Werkstoffe ab 1400N/mm² und rostfreie und säurebeständige Stähle mit hoher Bruchdehnung gerade genutete Werkzeuge einsetzen<br>• Einsatz von Werkzeugen mit ausgesetzten Zähnen<br>• Programm auf Gegenlauffräsen ändern/Programmierhilfe verwenden<br>• Programm ändern auf radiale Schnittaufteilung $^{2}/_{3}$ - $^{1}/_{3}$ der Profiltiefe<br>• Programm auf axiale Schnittaufteilung in % 50/50 ändern<br>• Vorschub je Zahn verringern |
| Gut-Lehre schwergängig  | • Werkzeug für Bearbeitungsfall nicht geeignet<br>• Fräserradius zu groß programmiert<br>• Werkzeug verschlissen | • Einsatzbereich von Werkzeug prüfen/ Durchmesser-Verhältnis von Fräser zu Gewindedurchmesser prüfen<br>• Korrektur des Fräserradius im Werkzeugspeicher<br>• Werkzeugwechsel |
| Markierung im Einfahrbereich (siehe Bild 5)  | • Stabilität der Maschine/Spannung nicht ausreichend<br>• Programm für Bearbeitungsfall nicht geeignet<br>• NC-Achsen/Bahngeschwindigkeit (Rechner) für Bearbeitungsfall nicht geeignet | • geeignete Maschine/Spannung einsetzen<br>• Programm überprüfen/ Programmierhilfe verwenden<br>• NC-Achsen/Bahngeschwindigkeit (Rechner) prüfen |

Bild 4

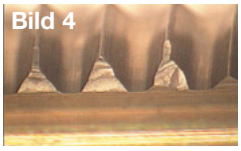
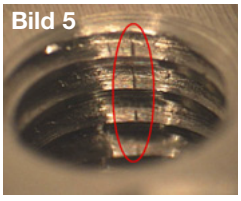


Bild 5



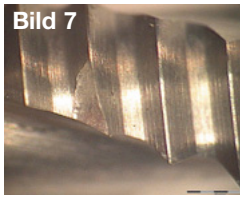


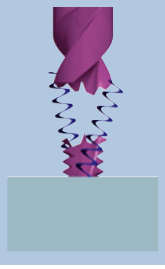
# Gewindefräsen

Bild 6



Bild 7



| festgestellter Fehler | eventuelle Ursache | Abhilfe |
|---|---|---|
| einzelne Zahnausbrüche (siehe Bild 6)<br> | • Vorschub zu hoch<br>• Stabilität der Maschine/Spannung nicht ausreichend<br>• Werkzeug für Bearbeitungsfall nicht geeignet<br>• Späne im Kernloch<br>• Einschlüsse im Werkstück (z.B. Guss)<br>• gespeicherter Fräserradius für Bearbeitungsfall nicht geeignet | • Vorschub je Zahn verringern<br>• geeignete Maschine/Spannung einsetzen<br>• Werkzeug mit ausreichender Stabilität einsetzen<br>• Werkzeug mit innerer Kühlmittelzufuhr einsetzen<br>• Bohrspäne vor dem Gewindefräsen entfernen<br>• Schnittgeschwindigkeit verringern<br>• Vorschub pro Zahn verringern<br>• gespeicherte Fräserradius prüfen und korrigieren |
| einzelne Zahnausbrüche beim BGF (siehe Bild 7)<br> | • ungerader Bohrungseintritt bzw. -austritt (bei Durchgangsloch)<br>• langer Bohrspan | • Vorschub bei Ein- bzw. Austritt reduzieren<br>• 3-nutige BGF verwenden<br>• Bohrvorschub max. 0,1 mm pro Umdrehung<br>• vor Gewindefräsen entspanen |
| Werkzeugbruch beim Bohren<br> | • Bohrvorschub zu hoch<br>• Spänestau<br>• mangelnder Kühlmittelaustritt | • Bohrvorschub verringern<br>• Bohrvorschub ändern (Entspanen, degressive Aufteilung in % der Endbohrtiefe 60/40, 50/30/20)<br>• Kühlschmiermittelzuführung und Druck kontrollieren |

# Schneideisen



11

Seite


**11.1 Übersicht . . . . . 374**

**11.2 Programmübersicht der EMUGE-Schneideisen . . . . . 375**

11.2.1 Kurzbeschreibung der EMUGE-Schneideisen . . . . . 375

11.2.2 Schneideisen-Sonderausführungen (Beispiele) . . . . . 381

**11.3 Nomenklatur . . . . . 382**

11.3.1 Begriffe und Definitionen am Schneideisen . . . . . 382

11.3.2 Technische Lieferbedingungen . . . . . 384

**11.4 Verfahrensspezifische Hinweise . . . . . 386**

11.4.1 Der Gewindeschneidvorgang . . . . . 386

11.4.2 Gewinde-Vorarbeitsdurchmesser . . . . . 387

11.4.3 Bestimmung von Schnittkraft, Drehmoment und Leistung . . . . . 396

11.4.4 Empfohlene Gewindedurchmesser für das Schneiden in einem Schnitt . . . . . 397

11.4.5 Anwendung der EMUGE-DIN- und -Elastik-Schneideisen für die Toleranzfelder des Metrischen ISO-Gewindes . . . . . 397

**11.5 Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit . . . 398**

**11.6 Lage der Schneideisen-Herstelltoleranz für Metrisches Gewinde . . . . . 400**

**11.7 EMUGE-Elastik-Schneideisen . . . . . 401**

11.7.1 Allgemeines . . . . . 401

11.7.2 Montage und Einstellung . . . . . 401

11.7.3 Konstruktive Merkmale und Funktion . . . . . 402

**11.8 Fehler, Ursachen und Abhilfe . . . . . 403**

# Schneideisen

## 11.1 Übersicht

**Verfahrensmerkmale:**

- spanendes Verfahren
- Außenbearbeitung
- geeignet für Werkstoffe mit einer Festigkeit ≤ 1300 N/mm$^2$
- Schneidstoff ist HSS oder HSS-E

**Voraussetzungen:**

- Aufnahme der Schneideisen in speziellen Haltern
- gerade Führung von Werkstück und Werkzeug erforderlich
- ab Nenndurchmesser > 33 mm (Regelgewinde) oder einer Steigung > 3,5 mm kann das Verfahren nur noch zum Nachschneiden eingesetzt werden (weitere Informationen siehe **Kapitel 11.4.4**)



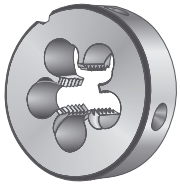
| Vorteile | Nachteile |
|---|---|
| • einfacher Aufbau der Werkzeuge<br>• Einsatz auf einfachen Maschinen möglich, auch auf Mehrspindel-Maschinen<br>• geringer Platzbedarf<br>• kein Einstellaufwand | • werkstückabhängiges Spantransportproblem<br>• hochwertige Schmierung muss gewährleistet sein<br>• längere Nebenzeit beim Zurückdrehen |

## 11.2 Programmübersicht der EMUGE-Schneideisen

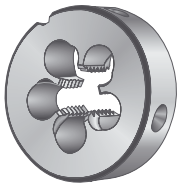
### 11.2.1 Kurzbeschreibung der EMUGE-Schneideisen

**Typ:** DIN-SE Form B





| DIN-SE normal/geläppt | DIN EN 22568 |
|---|---|
| Anschnitt: | 1 1/2 Gang mit Schälanschnitt |
| Werkstoffe [1]: | • Automaten-, Baustähle, legierte Stähle und Stahlguss bis 850 N/mm² **1**.2-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier- und Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4 |
| Beschreibung: | • geläppte Ausführung für bessere Gewindeoberflächen<br>• bei Werkstoffen, die zum Kaltverschweißen neigen, wird Ne/Ne2 empfohlen |
| Oberfläche: | • blank (auf Wunsch NT oder Ne2 für kohlenstoffarme Stähle) |



| DIN-SE geläppt MS | DIN EN 22568 |
|---|---|
| Anschnitt: | 1 Gang |
| Werkstoffe [1]: | • Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) **3**.3 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „MS“ ohne Schälanschnitt |
| Oberfläche: | • blank |



| DIN-SE normal/geläppt VA | DIN EN 22568 |
|---|---|
| Anschnitt: | 2 Gang mit Schälanschnitt |
| Werkstoffe [1]: | • Automaten-, Baustähle, legierte Stähle und Stahlguss bis 850 N/mm² **1**.2-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier- und Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• Rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Kupfer-Zinn/Aluminium-Legierungen (Bronze, Alubronze langspanend) **3**.4<br>• Nickel-/Kobalt-Legierungen warmfest bis 850 N/mm² **4**.1 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „VA“<br>• geläppte Ausführung für bessere Gewindeoberflächen |
| Oberfläche: | • blank |

[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.

# Schneideisen

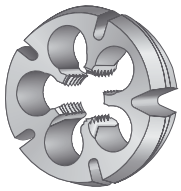
**Typ:** EL-SE
(verstellbar)



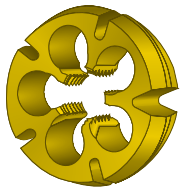
➤ *siehe auch:*




*Demos/Elastik-Schneideisen*



| EL-SE geläppt | Elastik-Schneideisen (verstellbar) EMUGE-Norm |
|---|---|
| Anschnitt: | 1 1/2 Gang mit Schälanschnitt |
| Werkstoffe 1): | • Automaten-, Baustähle, legierte Stähle und Stahlguss bis 850 N/mm² **1**.2-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier- und Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) **3**.2 |
| Beschreibung: | • verstellbares Schneideisen ermöglicht die Herstellung verschiedener Gewindetoleranzen<br>• das Vorspannen erzeugt radialen und axialen Freiwinkel<br>• bessere Gewindeoberflächen<br>• höhere Schnittwerte und Standzeitwerte<br>• Elastik-Schneideisen kann nur in spezieller Aufnahme (siehe **Kapitel 11.7**) gespannt werden |
| Oberfläche: | • blank |



| EL-SE geläppt TIN | Elastik-Schneideisen (verstellbar) EMUGE-Norm |
|---|---|
| Anschnitt: | 1 1/2 Gang mit Schälanschnitt |
| Werkstoffe 1): | • Automaten-, Baustähle, legierte Stähle und Stahlguss bis 850 N/mm² **1**.2-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier- und Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) **3**.2 |
| Beschreibung: | • verstellbares Schneideisen ermöglicht die Herstellung verschiedener Gewindetoleranzen<br>• das Vorspannen erzeugt radialen und axialen Freiwinkel<br>• bessere Gewindeoberflächen<br>• höhere Schnittwerte und Standzeitwerte<br>• Elastik-Schneideisen kann nur in spezieller Aufnahme (siehe **Kapitel 11.7**) gespannt werden<br>• TiN-Beschichtung erzeugt bessere Gewindeoberflächen<br>• TiN-Beschichtung ermöglicht höhere Standzeiten |
| Oberfläche: | • TiN |

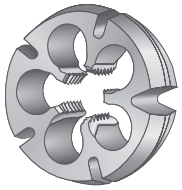
# Schneideisen

**Typ:** EL-SE
(verstellbar)





| **EL-SE geläppt MS** | **Elastik-Schneideisen (verstellbar) EMUGE-Norm** |
|---|---|
| Anschnitt: | 1 bis 1 1/2 Gang |
| Werkstoffe [1]: | • Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) **3**.3 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „MS“<br>• verstellbares Schneideisen ermöglicht die Herstellung verschiedener Gewindetoleranzen<br>• das Vorspannen erzeugt radialen und axialen Freiwinkel<br>• bessere Gewindeoberflächen<br>• höhere Schnittwerte und Standzeitwerte<br>• Elastik-Schneideisen kann nur in spezieller Aufnahme (siehe **Kapitel 11.7**) gespannt werden |
| Oberfläche: | • blank |



| **EL-SE geläppt VA** | **Elastik-Schneideisen (verstellbar) EMUGE-Norm** |
|---|---|
| Anschnitt: | 2 Gang |
| Werkstoffe [1]: | • niedriglegierte Baustähle, Automatenstähle, Vergütungsstähle, unlegierter Stahlguss bis max. Zugfestigkeit von 850 N/mm² **1**.3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier- und Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• Rost-/säure-/hitzebeständige Stähle bis 1100 N/mm² **1**.10-11<br>• Kupfer-Zinn/Aluminium-Legierungen (Bronze, Alubronze langspanend) **3**.4<br>• Nickel-/Kobalt-Legierungen warmfest bis 850 N/mm² **4**.1 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „VA“<br>• verstellbares Schneideisen ermöglicht die Herstellung verschiedener Gewindetoleranzen<br>• das Vorspannen erzeugt radialen und axialen Freiwinkel<br>• bessere Gewindeoberflächen<br>• höhere Schnittwerte und Standzeitwerte<br>• Elastik-Schneideisen kann nur in spezieller Aufnahme (siehe **Kapitel 11.7**) gespannt werden |
| Oberfläche: | • blank |

➤ *siehe auch:*




*Demos/Elastik-Schneideisen*

[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.

# Schneideisen

**Typ:** AUT-SE Typ LD





| AUT-SE Typ LD geläppt | Automaten-Schneideisen „Schweizer Form“ |
|---|---|
| Anschnitt: | 1 1/2 Gang mit Schälanschnitt |
| Werkstoffe [1]: | • Automaten-, Baustähle, legierte Stähle und Stahlguss bis 850 N/mm² **1**.2-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier- und Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) **3**.2 |
| Beschreibung: | • Ausführung mit Aufschraublöchern für Drehautomaten „Schweizer Bauart“<br>• erweiterte Spanlöcher<br>• Typ LD ist doppelseitig verwendbar |



| AUT-SE Typ LD geläppt MS | Automaten-Schneideisen „Schweizer Form“ |
|---|---|
| Anschnitt: | 1 Gang |
| Werkstoffe [1]: | • Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) **3**.3 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „MS“<br>• Ausführung mit Aufschraublöchern für Drehautomaten „Schweizer Bauart“<br>• erweiterte Spanlöcher<br>• Typ LD ist doppelseitig verwendbar |

**Typ:** GLOCKEN-SE





| GLOCKEN-SE geläppt | |
|---|---|
| Anschnitt: | 1 1/2 Gang mit Schälanschnitt |
| Werkstoffe [1]: | • Automaten-, Baustähle, legierte Stähle und Stahlguss bis 850 N/mm² **1**.2-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier- und Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4<br>• Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) **3**.2 |
| Beschreibung: | • besonders gute Spanabfuhr<br>• Ausführung nahezu auf allen Drehautomaten möglich<br>• geläppte Ausführung für bessere Gewindeoberflächen |



| GLOCKEN-SE geläppt MS | |
|---|---|
| Anschnitt: | 1 Gang |
| Werkstoffe [1]: | • Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) **3**.3 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „MS“<br>• besonders gute Spanabfuhr<br>• Ausführung nahezu auf allen Drehautomaten möglich |



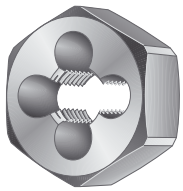
| GLOCKEN-SE geläppt MS-R | |
|---|---|
| Anschnitt: | 1 Gang |
| Werkstoffe [1]: | • Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) **3**.3 |
| Beschreibung: | • mit besonderer Schneidengeometrie „MS-R“<br>• für dünnwandige Messingrohre<br>• Ausführung nahezu auf allen Drehautomaten möglich |

[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.

# Schneideisen

**Typ:** SECHSKANT-SE





| SECHSKANT-SE normal | Sechskant-Schneideisen nach DIN 382 |
|---|---|
| Anschnitt: | 1 1/2 Gang |
| Werkstoffe [1]: | • Automaten-, Baustähle, legierte Stähle und Stahlguss bis 850 N/mm² **1**.2-3<br>• Einsatz-, Vergütungs-, Nitrier- und Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² **1**.4 |
| Beschreibung: | • zum Nachschneiden oder Montagearbeiten ohne Schneideisenhalter |

[1] die genannten Werkstoffgruppen sind in **Kapitel 1.3.1** näher beschrieben.

### 11.2.2 Schneideisen-Sonderausführungen (Beispiele)

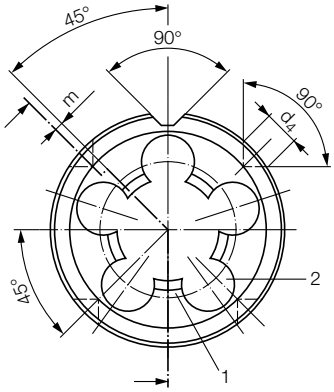
EMUGE fertigt laufend Sonder-Schneideisen nach eingesandten Mustern und Zeichnungen. Nachstehend einige Abbildungen (Beispiele):

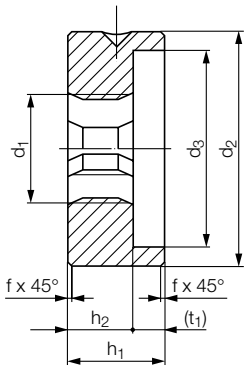


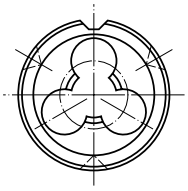
## 11.3 Nomenklatur

### 11.3.1 Begriffe und Definitionen am Schneideisen

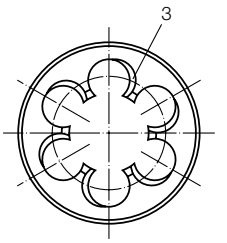
Runde Schneideisen, geschlossen (vorgeschlitzt)

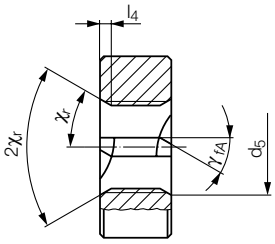


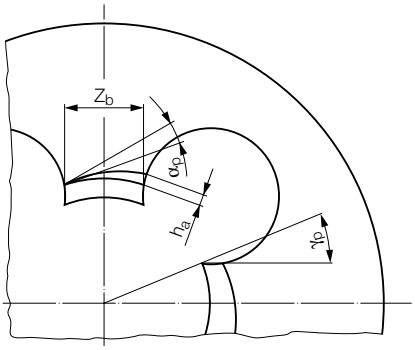



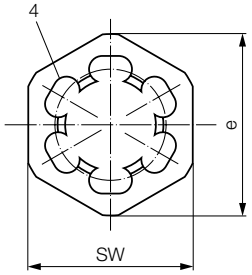
Ausführung der Anbohrungen bei $d_2 \leq 20$ mm



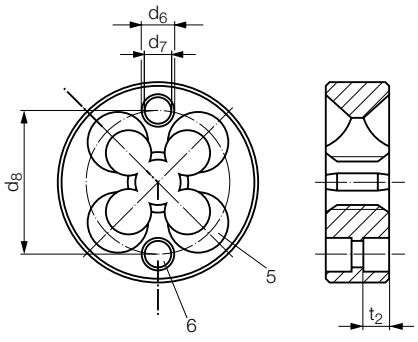



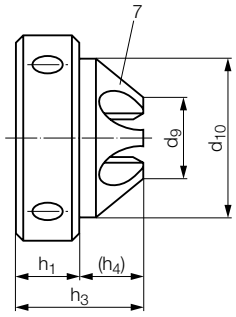

Sechskant-Schneideisen




Automaten-Schneideisen mit Haltelöchern



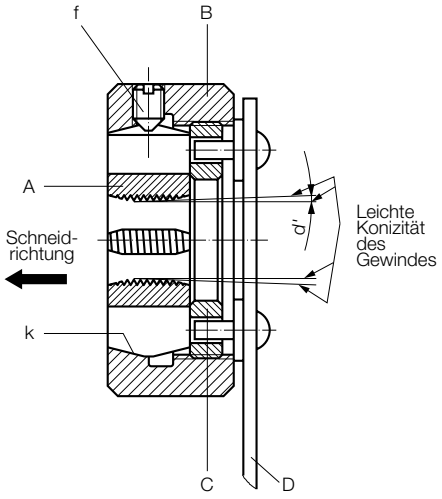

Glocken-Schneideisen oder Schneideisen mit Vorbau

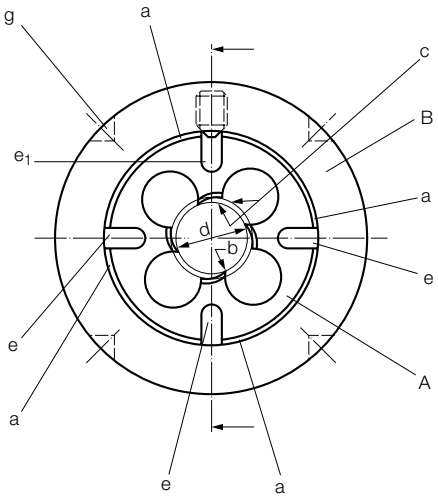


| | |
|---|---|
| 1 | Zahnstollen |
| 2 | Spanloch, rund |
| 3 | Schälanschnitt |
| 4 | Spanloch, oval |
| 5 | Spanloch, erweitert |
| 6 | Halteloch |
| 7 | Vorbau |
| $d_1$ | Gewindenenndurchmesser |
| $d_2$ | Schneideisendurchmesser |
| $d_3$ | Durchmesser der Aussparung |
| $d_4$ | Durchmesser der Anbohrung |
| $d_5$ | Anschnittdurchmesser |
| $d_6$ | Senkdurchmesser |
| $d_7$ | Haltelochdurchmesser |
| $d_8$ | Teilkreis der Haltelöcher |
| $d_9$ | Vorbaudurchmesser |
| $d_{10}$ | Durchmesser der Schneidglocke |

| | |
|---|---|
| $h_1$ | Schneideisenhöhe |
| $h_2$ | Gewindelänge bei Aussparung |
| $h_3$ | gesamte Bauhöhe |
| $h_4$ | Vorbauhöhe |
| f | Anfasung |
| m | Versatz der Anbohrung |
| $l_4$ | Anschnittlänge |
| $h_a$ | Anschnitthinterschliff |
| $Z_b$ | Zahnstollenbreite |
| $t_1$ | Tiefe der Aussparung |
| $t_2$ | Senktiefe |
| SW | Schlüsselweite |
| e | Eckenmaß |
| $\gamma_p$ | Spanwinkel |
| $\gamma_{fA}$ | Schälanschnittwinkel |
| $\alpha_p$ | Anschnittfreiwinkel |
| $\chi_r$ | Einstellwinkel |
| $2\chi_r$ | Anschnitt-Senkwinkel |

Spezielle Begriffe am EMUGE Elastik-Schneideisen und dessen Aufnahme:




| | |
|---|---|
| A | Elastik-Schneideisen |
| B | Elastik-Kapsel oder Automaten-Elastik-Kapsel |
| C | Stellring (oder Gegenmutter bei Automaten-Elastik-Kapseln) |
| D | Spannschlüssel |
| a | Drucknocken |
| b | Schneidkante |
| c | Freiwinkel radial |

| | |
|---|---|
| d | Schneideisen-Gewinde-kerndurchmesser |
| d' | axialer Freiwinkel |
| e | Elastik-Schlitze |
| $e_1$ | Arretierschlitz (V-Schlitz) |
| f | Arretierschraube oder Arretierstift (sichert Mitnahme) |
| g | Anbohrungen nach DIN |
| k | Zentrierkonus (Innenkegel) |

Informationen zu konstruktiven Merkmalen und zur Funktion siehe **Kapitel 11.7.3**.

## 11.3.2 Technische Lieferbedingungen

Zur Beschreibung der EMUGE-Schneideisen werden folgende Angaben gemacht:

| Merkmal | Kurzbezeichnung | Bezeichnung | Beschreibung |
|---|---|---|---|
| Werkzeugart | SE | Schneideisen nach DIN EN 22568 | runde Schneideisen (geschlossen) |
| | EL-SE | Elastik-Schneideisen | verstellbar |
| | SE-AUT-LD | Automaten-Schneideisen | Schweizer Form |
| | SE-AUT-Ind | Automaten-Schneideisen | für Index-Drehautomaten |
| | SE-GLOCK | Universal-Glocken-Schneideisen | |
| | SE-6KT | Sechskant-Schneideisen | |
| Ausführung | nor | normal | |
| | gel | geläppt | |
| Werkstoff | HSS | | |
| | HSSE | | |
| Einsatzgebiete | - GAL | für Gussaluminium | |
| | - MS | für kurzspanendes Messing | |
| | - VA | für rostfreie Stähle (langspanend) | |
| | - AL | für Knetaluminium (kurzspanend) | |
| | - TI | für Titan u.ä. | |
| Beschichtung | - NE2 | dampfangelassen | |
| | - NT | nitriert | |
| | - NT2 | nitriert und dampfangelassen | |
| | - CR | hartverchromt | |
| | - TIN | beschichtet mit Titannitrid | |
| Außendurchmesser | D… | Außendurchmesser des Schneideisens | zur Auswahl des Halters |
| Spanlochzahl | S… | Anzahl der Spanlöcher | Spanlochzahl |
| Gewindeabmessung | M…; UNC… | Gewindebezeichnung mit Gewindenennmaß | |
| Toleranz | 6g, 6e, 2A | Toleranz des Gewindes | Schneideisen nicht verstellbar |
| | 4h/6g (= Standard-Tol.) | einsetzbarer Toleranzbereich | nur bei Elastik-Schneideisen |

Die Kurzbezeichnungen werden je nach Zweckmäßigkeit in der Bezeichnung aufgeführt.

## Bezeichnungsbeispiele:

EL-SE – nor – D16 / S4 M6 – 4h/6g

- Elastik-Schneideisen (verstellbar)
- „normale“ Ausführung
- Außendurchmesser = 16 mm
- Spanlochzahl = 4
- Metrisches ISO-Regelgewinde mit Nenndurchmesser 6 mm
- Toleranz von 4h bis 6g möglich

SE-GLOCK – gel – MS – D16 / S4 M3 – 6e

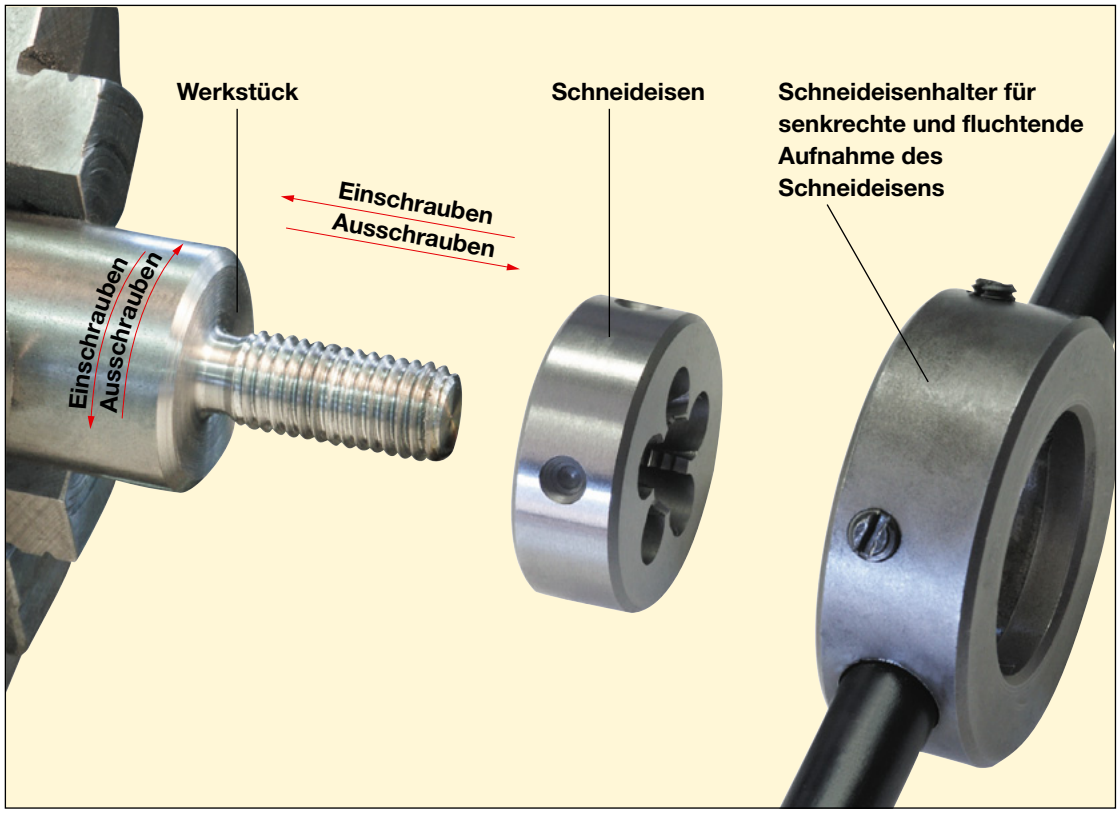
- Glocken-Schneideisen
- „geläppte“ Ausführung
- geeignet für kurzspanende Messingwerkstoffe
- Außendurchmesser = 16 mm
- Spanlochzahl = 4
- Metrisches ISO-Regelgewinde mit Nenndurchmesser 3 mm
- Toleranz 6e

# Schneideisen

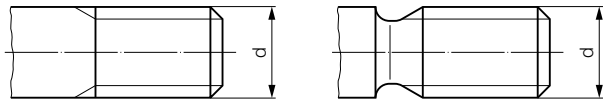
## 11.4 Verfahrensspezifische Hinweise

### 11.4.1 Der Gewindeschneidvorgang

Ein Schneideisen besitzt Zahnstollen mit mehreren Gewindegängen. Diese steigen, von der Planseite ausgehend, an. Das Schneideisen wird auf einen Außendurchmesser aufgedreht, wodurch das Gewinde erzeugt wird. Das Schneideisen muss nach dem Erreichen der Gewindetiefe wieder komplett zurückgeschraubt werden. Der Steigungsvorschub ist vom Werkzeug selbst vorgegeben. Um Fluchtungsfehler zu vermeiden, ist auf senkrechten Anschnitt und gerade Führung zu achten. Das Schneideisen wird hierzu in teilweise spezielle Halter aufgenommen.



## 11.4.2 Gewinde-Vorarbeitsdurchmesser




EMUGE empfiehlt, die Gewindefreistiche nach DIN 76-1 auszuführen.

Der Vorarbeitsdurchmesser muss stets kleiner sein als der Gewindeaußendurchmesser am Schneideisen. Das Schneideisen darf mit seinem Gewindeaußendurchmesser nicht mitschneiden, sonst ist die Gefahr des Ausreißens der Gewindegänge gegeben.

**Achtung:** Die auf den folgenden Seiten aufgeführten Gewinde-Vorarbeitsdurchmesser sind Richtwerte und auch abhängig vom Verhalten des Werkstück-Werkstoffes. Für hochfeste Werkstoffe empfiehlt EMUGE, die Vorarbeitsdurchmesser nahe dem Kleinstmaß zu fertigen. Für spanlose Gewindeherstellung (Gewinderollen) sind diese Vorarbeitsmaße nicht geeignet.

### Metrisches ISO-Regelgewinde 4h, 6g, 6e nach DIN 13 und DIN ISO 965-1

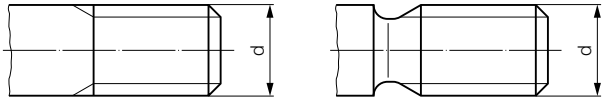
| Gewinde- | | 4h | | | 6g (M1-M1,4 = 6h) | | | 6e (M1-M1,4 = 5e) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nenn-ø | P | ø d | | Dreh-ø | ø d | | Dreh-ø | ø d | | Dreh-ø |
| | | min. | max. | d ≈ | min. | max. | d ≈ | min. | max. | d ≈ |
| M 1 | 0,25 | 0,958 | 1,0 | 0,98 | 0,933 | 1,0 | 0,97 | 0,901 | 0,955 | 0,93 |
| 1,2 | 0,25 | 1,158 | 1,2 | 1,18 | 1,133 | 1,2 | 1,17 | 1,101 | 1,155 | 1,13 |
| 1,4 | 0,3 | 1,352 | 1,4 | 1,38 | 1,325 | 1,4 | 1,36 | 1,294 | 1,354 | 1,32 |
| 1,6 | 0,35 | 1,547 | 1,6 | 1,57 | 1,496 | 1,581 | 1,54 | 1,469 | 1,554 | 1,51 |
| 1,8 | 0,35 | 1,747 | 1,8 | 1,77 | 1,696 | 1,781 | 1,74 | 1,669 | 1,754 | 1,71 |
| 2 | 0,4 | 1,94 | 2,0 | 1,97 | 1,886 | 1,981 | 1,94 | 1,857 | 1,952 | 1,9 |
| 2,2 | 0,45 | 2,137 | 2,2 | 2,16 | 2,08 | 2,18 | 2,13 | 2,052 | 2,152 | 2,1 |
| 2,5 | 0,45 | 2,437 | 2,5 | 2,46 | 2,38 | 2,48 | 2,43 | 2,352 | 2,452 | 2,4 |
| 3 | 0,5 | 2,933 | 3,0 | 2,96 | 2,874 | 2,98 | 2,92 | 2,844 | 2,95 | 2,89 |
| 3,5 | 0,6 | 3,42 | 3,5 | 3,46 | 3,354 | 3,479 | 3,41 | 3,322 | 3,447 | 3,38 |
| 4 | 0,7 | 3,91 | 4,0 | 3,95 | 3,838 | 3,978 | 3,9 | 3,804 | 3,944 | 3,87 |
| 4,5 | 0,75 | 4,41 | 4,5 | 4,45 | 4,338 | 4,478 | 4,4 | 4,304 | 4,444 | 4,37 |
| 5 | 0,8 | 4,905 | 5,0 | 4,95 | 4,826 | 4,976 | 4,9 | 4,79 | 4,94 | 4,86 |
| 6 | 1 | 5,888 | 6,0 | 5,94 | 5,794 | 5,974 | 5,88 | 5,76 | 5,94 | 5,85 |
| 7 | 1 | 6,888 | 7,0 | 6,94 | 6,794 | 6,974 | 6,88 | 6,76 | 6,94 | 6,85 |
| 8 | 1,25 | 7,868 | 8,0 | 7,93 | 7,76 | 7,972 | 7,86 | 7,725 | 7,937 | 7,83 |
| 9 | 1,25 | 8,868 | 9,0 | 8,93 | 8,76 | 8,972 | 8,86 | 8,725 | 8,937 | 8,83 |
| 10 | 1,5 | 9,85 | 10,0 | 9,92 | 9,732 | 9,968 | 9,85 | 9,697 | 9,933 | 9,81 |
| 12 | 1,75 | 11,83 | 12,0 | 11,91 | 11,701 | 11,966 | 11,83 | 11,664 | 11,929 | 11,81 |
| 14 | 2 | 13,82 | 14,0 | 13,91 | 13,682 | 13,962 | 13,82 | 13,649 | 13,929 | 13,78 |
| 16 | 2 | 15,82 | 16,0 | 15,91 | 15,682 | 15,962 | 15,82 | 15,649 | 15,929 | 15,78 |
| 18 | 2,5 | 17,788 | 18,0 | 17,89 | 17,623 | 17,958 | 17,79 | 17,585 | 17,92 | 17,75 |
| 20 | 2,5 | 19,788 | 20,0 | 19,89 | 19,623 | 19,958 | 19,79 | 19,585 | 19,92 | 19,75 |
| 22 | 2,5 | 21,788 | 22,0 | 21,89 | 21,623 | 21,958 | 21,79 | 21,585 | 21,92 | 21,75 |
| 24 | 3 | 23,764 | 24,0 | 23,88 | 23,577 | 23,952 | 23,76 | 23,54 | 23,915 | 23,72 |
| 27 | 3 | 26,764 | 27,0 | 26,88 | 26,577 | 26,952 | 26,76 | 26,54 | 26,915 | 26,72 |
| 30 | 3,5 | 29,735 | 30,0 | 29,87 | 29,522 | 29,947 | 29,73 | 29,485 | 29,91 | 29,7 |
| 33 | 3,5 | 32,735 | 33,0 | 32,87 | 32,522 | 32,947 | 32,73 | 32,485 | 32,91 | 32,7 |
| 36 | 4 | 35,7 | 36,0 | 35,85 | 35,465 | 35,94 | 35,7 | 35,43 | 35,905 | 35,66 |
| 39 | 4 | 38,7 | 39,0 | 38,85 | 38,465 | 38,94 | 38,7 | 38,43 | 38,905 | 38,66 |
| 42 | 4,5 | 41,685 | 42,0 | 41,84 | 41,437 | 41,937 | 41,68 | 41,4 | 41,9 | 41,65 |
| 45 | 4,5 | 44,685 | 45,0 | 44,84 | 44,437 | 44,937 | 44,68 | 44,4 | 44,9 | 44,65 |
| 48 | 5 | 47,665 | 48,0 | 47,83 | 47,399 | 47,929 | 47,66 | 47,364 | 47,894 | 47,62 |
| 52 | 5 | 51,665 | 52,0 | 51,83 | 51,399 | 51,929 | 51,66 | 51,364 | 51,894 | 51,62 |

Maße in mm; P=Steigung



# Schneideisen

## Gewinde-Vorarbeitsdurchmesser




EMUGE empfiehlt, die Gewindefreistiche nach DIN 76-1 auszuführen.

Gewindeaußendurchmesser für Feingewinde-Zwischendurchmesser können mit Hilfe der Durchmesserunterschiede ermittelt werden:

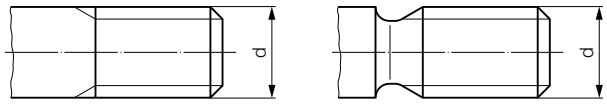
MF

### Metrisches ISO-Feingewinde 4h, 6g, 6e nach DIN 13 und DIN ISO 965-1

| Gewinde-Nenn-ø x P | 4h ø d min. | 4h ø d max. | 4h Dreh-ø d ≈ | 6g ø d min. | 6g ø d max. | 6g Dreh-ø d ≈ | 6e ø d min. | 6e ø d max. | 6e Dreh-ø d ≈ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| M 2 x 0,25 | 1,958 | 2,0 | 1,98 | — | — | — | — | — | — |
| M 2,2 x 0,25 | 2,158 | 2,2 | 2,18 | — | — | — | — | — | — |
| M 3 x 0,35 | 2,947 | 3,0 | 2,97 | 2,896 | 2,981 | 2,94 | — | — | — |
| M 3,5 x 0,35 | 3,447 | 3,5 | 3,47 | 3,396 | 3,481 | 3,44 | — | — | — |
| M 4 x 0,5 | 3,933 | 4,0 | 3,96 | 3,874 | 3,98 | 3,92 | 3,844 | 3,95 | 3,89 |
| M 4,5 x 0,5 | 4,433 | 4,5 | 4,46 | 4,374 | 4,48 | 4,42 | 4,344 | 4,45 | 4,39 |
| M 5 x 0,5 | 4,933 | 5,0 | 4,96 | 4,874 | 4,98 | 4,92 | 4,844 | 4,95 | 4,89 |
| M 6 x 0,75 | 5,91 | 6,0 | 5,95 | 5,838 | 5,978 | 5,9 | 5,804 | 5,944 | 5,87 |
| M 8 x 0,75 | 7,91 | 8,0 | 7,95 | 7,838 | 7,978 | 7,9 | 7,804 | 7,944 | 7,87 |
| M 10 x 0,75 | 9,91 | 10,0 | 9,95 | 9,838 | 9,978 | 9,9 | 9,804 | 9,944 | 9,87 |
| M 8 x 1 | 7,888 | 8,0 | 7,94 | 7,794 | 7,974 | 7,88 | 7,76 | 7,94 | 7,85 |
| M 10 x 1 | 9,888 | 10,0 | 9,94 | 9,794 | 9,974 | 9,88 | 9,76 | 9,94 | 9,85 |
| M 12 x 1 | 11,888 | 12,0 | 11,94 | 11,794 | 11,974 | 11,88 | 11,76 | 11,94 | 11,85 |
| M 16 x 1 | 15,888 | 16,0 | 15,94 | 15,794 | 15,974 | 15,88 | 15,76 | 15,94 | 15,85 |
| M 10 x 1,25 | 9,868 | 10,0 | 9,93 | 9,76 | 9,972 | 9,86 | 9,725 | 9,937 | 9,83 |
| M 12 x 1,25 | 11,868 | 12,0 | 11,93 | 11,76 | 11,972 | 11,86 | 11,725 | 11,937 | 11,83 |
| M 12 x 1,5 | 11,85 | 12,0 | 11,92 | 11,732 | 11,968 | 11,85 | 11,697 | 11,933 | 11,81 |
| M 16 x 1,5 | 15,85 | 16,0 | 15,92 | 15,732 | 15,968 | 15,85 | 15,697 | 15,933 | 15,81 |
| M 20 x 1,5 | 19,85 | 20,0 | 19,92 | 19,732 | 19,968 | 19,85 | 19,697 | 19,933 | 19,81 |
| M 30 x 1,5 | 29,85 | 30,0 | 29,92 | 29,732 | 29,968 | 29,85 | 29,697 | 29,933 | 29,81 |
| M 52 x 1,5 | 51,85 | 52,0 | 51,92 | 51,732 | 51,968 | 51,85 | 51,697 | 51,933 | 51,81 |
| M 20 x 2 | 19,82 | 20,0 | 19,91 | 19,682 | 19,962 | 19,82 | 19,649 | 19,929 | 19,78 |
| M 30 x 2 | 29,82 | 30,0 | 29,91 | 29,682 | 29,962 | 29,82 | 29,649 | 29,929 | 29,78 |
| M 52 x 2 | 51,82 | 52,0 | 51,91 | 51,682 | 51,962 | 51,82 | 51,649 | 51,929 | 51,78 |
| M 36 x 3 | 35,764 | 36,0 | 35,88 | 35,577 | 35,962 | 35,76 | 35,54 | 35,915 | 35,72 |
| M 52 x 3 | 51,764 | 52,0 | 51,88 | 51,577 | 51,962 | 51,76 | 51,54 | 51,915 | 51,72 |

Maße in mm; P=Steigung

## Gewinde-Vorarbeitsdurchmesser




EMUGE empfiehlt, die Gewindefreistiche nach DIN 76-1 und -2 auszuführen.

### Amerikanisches Unified-Grobgewinde UNC nach ASME B1.1 bzw. ISO 5864

UNC

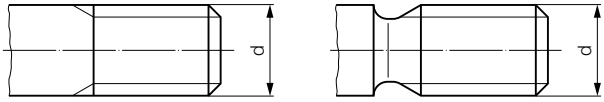
| Gewinde-Nenn-ø | P Gg./1" | Toleranz 3A ø d min. | Toleranz 3A ø d max. | Toleranz 3A Dreh-ø d ≈ | Toleranz 2A ø d min. | Toleranz 2A ø d max. | Toleranz 2A Dreh-ø d ≈ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. 1 | 64 | 1,758 | 1,854 | 1,81 | 1,743 | 1,838 | 1,79 |
| Nr. 2 | 56 | 2,081 | 2,184 | 2,14 | 2,066 | 2,169 | 2,12 |
| Nr. 3 | 48 | 2,401 | 2,514 | 2,46 | 2,383 | 2,496 | 2,44 |
| Nr. 4 | 40 | 2,716 | 2,844 | 2,78 | 2,695 | 2,824 | 2,76 |
| Nr. 5 | 40 | 3,046 | 3,175 | 3,11 | 3,026 | 3,154 | 3,09 |
| Nr. 6 | 32 | 3,353 | 3,505 | 3,43 | 3,333 | 3,484 | 3,41 |
| Nr. 8 | 32 | 4,014 | 4,165 | 4,09 | 3,991 | 4,142 | 4,07 |
| Nr. 10 | 24 | 4,644 | 4,826 | 4,73 | 4,618 | 4,8 | 4,71 |
| Nr. 12 | 24 | 5,304 | 5,486 | 5,39 | 5,279 | 5,461 | 5,37 |
| 1/4 | 20 | 6,145 | 6,35 | 6,25 | 6,117 | 6,322 | 6,22 |
| 5/16 | 18 | 7,717 | 7,937 | 7,83 | 7,687 | 7,907 | 7,8 |
| 3/8 | 16 | 9,287 | 9,525 | 9,41 | 9,254 | 9,491 | 9,37 |
| 7/16 | 14 | 10,851 | 11,112 | 10,98 | 10,816 | 11,076 | 10,95 |
| 1/2 | 13 | 12,424 | 12,7 | 12,56 | 12,386 | 12,661 | 12,52 |
| 9/16 | 12 | 13,998 | 14,287 | 14,14 | 13,958 | 14,246 | 14,1 |
| 5/8 | 11 | 15,568 | 15,875 | 15,72 | 15,528 | 15,834 | 15,68 |
| 3/4 | 10 | 18,722 | 19,05 | 18,89 | 18,677 | 19,004 | 18,84 |
| 7/8 | 9 | 21,872 | 22,225 | 22,05 | 21,824 | 22,176 | 22,0 |
| 1" | 8 | 25,019 | 25,4 | 25,21 | 24,969 | 25,349 | 25,16 |
| 1 1/8 | 7 | 28,159 | 28,575 | 28,37 | 28,103 | 28,519 | 28,31 |
| 1 1/4 | 7 | 31,334 | 31,75 | 31,54 | 31,278 | 31,694 | 31,49 |
| 1 3/8 | 6 | 34,463 | 34,925 | 34,69 | 34,402 | 34,864 | 34,63 |
| 1 1/2 | 6 | 37,638 | 38,1 | 37,87 | 37,577 | 38,039 | 37,8 |
| 1 3/4 | 5 | 43,93 | 44,45 | 44,19 | 43,861 | 44,381 | 44,12 |
| 2" | 4 1/2 | 50,242 | 50,8 | 50,52 | 50,168 | 50,726 | 50,45 |

Maße in mm



# Schneideisen

## Gewinde-Vorarbeitsdurchmesser




EMUGE empfiehlt, die Gewindefreistiche nach DIN 76-1 und -2 auszuführen.

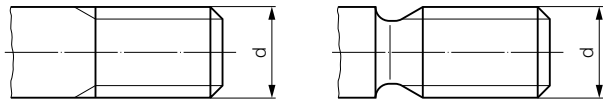
UNF

### Amerikanisches Unified-Feingewinde UNF nach ASME B1.1 bzw. ISO 5864

| Gewinde-Nenn-ø | P Gg./1" | Toleranz 3A ø d min. | Toleranz 3A ø d max. | Toleranz 3A Dreh-ø d ≈ | Toleranz 2A ø d min. | Toleranz 2A ø d max. | Toleranz 2A Dreh-ø d ≈ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. 0 | 80 | 1,443 | 1,524 | 1,49 | 1,431 | 1,511 | 1,47 |
| Nr. 1 | 72 | 1,766 | 1,854 | 1,81 | 1,751 | 1,838 | 1,8 |
| Nr. 2 | 64 | 2,088 | 2,184 | 2,14 | 2,073 | 2,169 | 2,12 |
| Nr. 3 | 56 | 2,411 | 2,514 | 2,46 | 2,393 | 2,496 | 2,44 |
| Nr. 4 | 48 | 2,731 | 2,844 | 2,79 | 2,713 | 2,827 | 2,77 |
| Nr. 5 | 44 | 3,054 | 3,175 | 3,12 | 3,036 | 3,157 | 3,1 |
| Nr. 6 | 40 | 3,376 | 3,505 | 3,44 | 3,356 | 3,484 | 3,42 |
| Nr. 8 | 36 | 4,026 | 4,165 | 4,10 | 4,006 | 4,145 | 4,08 |
| Nr. 10 | 32 | 4,674 | 4,826 | 4,75 | 4,651 | 4,803 | 4,73 |
| Nr. 12 | 28 | 5,322 | 5,486 | 5,40 | 5,296 | 5,461 | 5,38 |
| 1/4 | 28 | 6,185 | 6,35 | 6,27 | 6,160 | 6,324 | 6,24 |
| 5/16 | 24 | 7,755 | 7,937 | 7,85 | 7,727 | 7,909 | 7,82 |
| 3/8 | 24 | 9,343 | 9,525 | 9,43 | 9,315 | 9,497 | 9,41 |
| 7/16 | 20 | 10,907 | 11,112 | 11,01 | 10,874 | 11,079 | 10,98 |
| 1/2 | 20 | 12,495 | 12,7 | 12,60 | 12,462 | 12,666 | 12,56 |
| 9/16 | 18 | 14,067 | 14,287 | 14,18 | 14,031 | 14,251 | 14,14 |
| 5/8 | 18 | 15,655 | 15,875 | 15,77 | 15,619 | 15,839 | 15,73 |
| 3/4 | 16 | 18,812 | 19,05 | 18,93 | 18,774 | 19,011 | 18,89 |
| 7/8 | 14 | 21,964 | 22,225 | 22,09 | 21,923 | 22,184 | 22,05 |
| 1" | 12 | 25,111 | 25,4 | 25,26 | 25,065 | 25,354 | 25,21 |
| 1 1/8 | 12 | 28,286 | 28,575 | 28,43 | 28,240 | 28,529 | 28,38 |
| 1 1/4 | 12 | 31,461 | 31,75 | 31,60 | 31,415 | 31,704 | 31,55 |
| 1 3/8 | 12 | 34,636 | 34,925 | 34,78 | 34,588 | 34,876 | 34,73 |
| 1 1/2 | 12 | 37,811 | 38,1 | 37,95 | 37,630 | 38,051 | 37,9 |

Maße in mm

## Gewinde-Vorarbeitsdurchmesser




EMUGE empfiehlt, die Gewindefreistiche nach DIN 76-1 und -2 auszuführen.

### Amerikanisches Unified-Extra-Feingewinde UNEF nach ASME B1.1 bzw. ISO 5864

UNEF

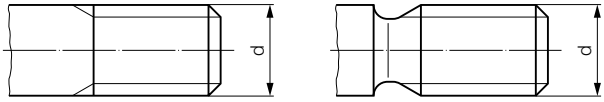
| Gewinde-Nenn-ø | P Gg./1" | Toleranz 3A ø d min. | Toleranz 3A ø d max. | Toleranz 3A Dreh-ø d ≈ | Toleranz 2A ø d min. | Toleranz 2A ø d max. | Toleranz 2A Dreh-ø d ≈ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. 12 | 32 | 5,334 | 5,486 | 5,41 | 5,311 | 5,464 | 5,39 |
| 1/4 | 32 | 6,198 | 6,350 | 6,27 | 6,172 | 6,325 | 6,25 |
| 5/16 | 32 | 7,785 | 7,938 | 7,86 | 7,760 | 7,912 | 7,84 |
| 3/8 | 32 | 9,373 | 9,525 | 9,45 | 9,347 | 9,500 | 9,42 |
| 7/16 | 28 | 10,947 | 11,112 | 11,03 | 10,919 | 11,085 | 11,00 |
| 1/2 | 28 | 12,535 | 12,700 | 12,62 | 12,507 | 12,672 | 12,59 |
| 9/16 | 24 | 14,105 | 14,288 | 14,20 | 14,074 | 14,257 | 14,17 |
| 5/8 | 24 | 15,692 | 15,875 | 15,78 | 15,662 | 15,845 | 15,75 |
| 11/16 | 24 | 17,280 | 17,462 | 17,37 | 17,249 | 17,432 | 17,34 |
| 3/4 | 20 | 18,844 | 19,050 | 18,95 | 18,811 | 19,017 | 18,91 |
| 13/16 | 20 | 20,432 | 20,638 | 20,54 | 20,399 | 20,604 | 20,50 |
| 7/8 | 20 | 22,019 | 22,225 | 22,12 | 21,986 | 22,192 | 22,09 |
| 15/16 | 20 | 23,607 | 23,812 | 23,71 | 23,571 | 23,777 | 23,67 |
| 1" | 20 | 25,194 | 25,400 | 25,30 | 25,159 | 25,364 | 25,26 |
| 1 1/16 | 18 | 26,767 | 26,988 | 26,88 | 26,731 | 26,952 | 26,84 |
| 1 1/8 | 18 | 28,354 | 28,575 | 28,46 | 28,318 | 28,539 | 28,43 |
| 1 3/16 | -18 | 29,942 | 30,162 | 30,05 | 29,903 | 30,124 | 30,01 |
| 1 1/4 | 18 | 31,529 | 31,750 | 31,64 | 31,491 | 31,712 | 31,60 |
| 1 5/16 | 18 | 33,117 | 33,338 | 33,23 | 33,078 | 33,299 | 33,19 |
| 1 3/8 | 18 | 34,704 | 34,925 | 34,81 | 34,666 | 34,887 | 34,78 |
| 1 7/16 | 18 | 36,292 | 36,512 | 36,40 | 36,253 | 36,474 | 36,36 |
| 1 1/2 | 18 | 37,879 | 38,100 | 37,99 | 37,841 | 38,062 | 37,95 |
| 1 9/16 | 18 | 39,467 | 39,688 | 39,58 | 39,428 | 39,649 | 39,54 |
| 1 5/6 | 18 | 41,054 | 41,275 | 41,16 | 41,016 | 41,237 | 41,13 |
| 1 11/16 | 18 | 42,642 | 42,862 | 42,75 | 42,603 | 42,824 | 42,71 |

Maße in mm



# Schneideisen

## Gewinde-Vorarbeitsdurchmesser




EMUGE empfiehlt, die Gewindefreistiche nach DIN 76-1 und -2 auszuführen.

**BSW**
**BSF**

### Whitworth-Gewinde BSW nach BS 84

| Gewinde-Nenn-ø | P Gg./1" | ø d min. | ø d max. | Dreh-ø d ≈ |
|---|---|---|---|---|
| (1/16) | 60 | 1,469 | 1,558 | 1,51 |
| (3/32) | 48 | 2,252 | 2,351 | 2,30 |
| 1/8 | 40 | 3,031 | 3,145 | 3,09 |
| (5/32) | 32 | 3,815 | 3,939 | 3,88 |
| 3/16 | 24 | 4,593 | 4,733 | 4,66 |
| (7/32) | 24 | 5,384 | 5,526 | 5,46 |
| 1/4 | 20 | 6,165 | 6,320 | 6,24 |
| 5/16 | 18 | 7,737 | 7,905 | 7,82 |
| 3/8 | 16 | 9,311 | 9,489 | 9,40 |
| 7/16 | 14 | 10,884 | 11,075 | 10,98 |
| 1/2 | 12 | 12,456 | 12,662 | 12,56 |
| 9/16 | 12 | 14,039 | 14,247 | 14,14 |
| 5/8 | 11 | 15,614 | 15,832 | 15,72 |
| 3/4 | 10 | 18,770 | 19,004 | 18,89 |
| 7/8 | 9 | 21,979 | 22,225 | 22,10 |
| 1" | 8 | 25,138 | 25,400 | 25,27 |
| 1 1/8 | 7 | 28,296 | 28,575 | 28,44 |
| 1 1/4 | 7 | 31,466 | 31,750 | 31,61 |
| (1 3/8) | 6 | 34,623 | 34,925 | 34,77 |
| 1 1/2 | 6 | 37,793 | 38,100 | 37,95 |

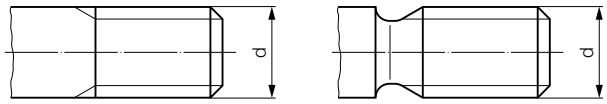
Maße in mm

### Whitworth-Feingewinde BSF nach BS 84

| Gewinde-Nenn-ø | P Gg./1" | ø d min. | ø d max. | Dreh-ø d ≈ |
|---|---|---|---|---|
| 3/16 | 32 | 4,605 | 4,735 | 4,67 |
| (7/32) | 28 | 5,388 | 5,528 | 5,46 |
| 1/4 | 26 | 6,177 | 6,322 | 6,25 |
| (9/32) | 26 | 6,964 | 7,114 | 7,04 |
| 5/16 | 22 | 7,751 | 7,908 | 7,83 |
| 3/8 | 20 | 9,324 | 9,492 | 9,41 |
| 7/16 | 18 | 10,897 | 11,077 | 10,99 |
| 1/2 | 16 | 12,471 | 12,662 | 12,57 |
| 9/16 | 16 | 14,054 | 14,250 | 14,15 |
| 5/8 | 14 | 15,628 | 15,834 | 15,73 |
| (11/16) | 14 | 17,209 | 17,420 | 17,31 |
| 3/4 | 12 | 18,780 | 19,004 | 18,89 |
| (13/16) | 12 | 20,412 | 20,638 | 20,53 |
| 7/8 | 11 | 21,991 | 22,225 | 22,11 |
| 1" | 10 | 25,151 | 25,400 | 25,28 |
| 1 1/8 | 9 | 28,316 | 28,575 | 28,45 |
| 1 1/4 | 9 | 31,483 | 31,750 | 31,62 |
| (1 3/8) | 8 | 34,646 | 34,925 | 34,79 |
| 1 1/2 | 8 | 37,816 | 38,100 | 37,96 |

Maße in mm

## Gewinde-Vorarbeitsdurchmesser




EMUGE empfiehlt, die Gewindefreistiche nach DIN 76-1 und -2 auszuführen.

### Rohrgewinde G nach DIN EN ISO 228 *)

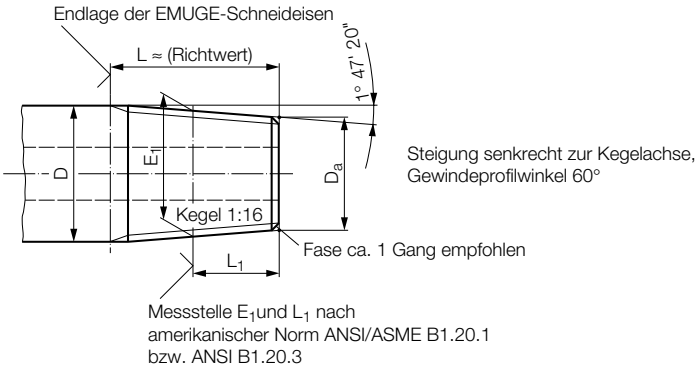
| Gewinde- Nenn-größe | P Gg./1" | ø d min. | ø d max. | Dreh-ø d ≈ |
|---|---|---|---|---|
| G 1/16 | 28 | 7,509 | 7,723 | 7,62 |
| G 1/8 | 28 | 9,514 | 9,728 | 9,62 |
| G 1/4 | 19 | 12,907 | 13,157 | 13,03 |
| G 3/8 | 19 | 16,412 | 16,662 | 16,54 |
| G 1/2 | 14 | 20,671 | 20,955 | 20,81 |
| (G 5/8) | 14 | 22,627 | 22,911 | 22,77 |
| G 3/4 | 14 | 26,157 | 26,441 | 26,3 |
| (G 7/8) | 14 | 29,917 | 30,201 | 30,06 |
| G 1" | 11 | 32,889 | 33,249 | 33,07 |
| (G 1 1/8) | 11 | 37,537 | 37,897 | 37,72 |
| G 1 1/4 | 11 | 41,55 | 41,910 | 41,73 |
| (G 1 3/8) | 11 | 43,963 | 44,323 | 44,14 |
| (G 1 1/2) | 11 | 47,443 | 47,803 | 47,62 |
| (G 1 5/8) | 11 | 51,628 | 51,988 | 51,81 |
| G 1 3/4 | 11 | 53,386 | 53,746 | 53,57 |
| G 2" | 11 | 59,254 | 59,614 | 59,43 |
| G 2 1/4 | 11 | 65,276 | 65,710 | 65,49 |
| G 2 1/2 | 11 | 74,750 | 75,184 | 74,96 |
| G 2 3/4 | 11 | 81,1 | 81,534 | 81,32 |
| G 3" | 11 | 87,45 | 87,884 | 87,67 |

*) für nicht im Gewinde dichtende Verbindungen

Maße in mm

# Schneideisen

## Gewinde-Vorarbeitsdurchmesser




Steigung senkrecht zur Kegelachse,
Gewindeprofilwinkel 60°

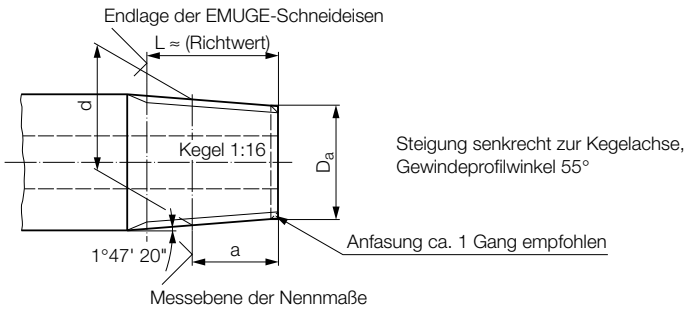
**NPT**
**NPTF**

### Amerikanisches kegeliges Rohrgewinde
### NPT nach ANSI/ASME B1.20.1 und
### NPTF nach ANSI B1.20.3

| Gewinde-Nenngröße | P Gg./1" | Rohr-Außen-ø D theor. | NPT Dreh-ø $D_a$ min. | NPT Dreh-ø $D_a$ max. | NPT L ≈ | NPTF Dreh-ø $D_a$ min. | NPTF Dreh-ø $D_a$ max. | NPTF L ≈ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1/16 | 27 | 7,938 | 7,52 | 7,64 | 8,3 | 7,52 | 7,62 | 9,2 |
| 1/8 | 27 | 10,287 | 9,87 | 9,99 | 8,4 | 9,87 | 9,96 | 9,3 |
| 1/4 | 18 | 13,716 | 13,1 | 13,26 | 12,7 | 13,13 | 13,21 | 14,1 |
| 3/8 | 18 | 17,145 | 16,52 | 16,67 | 12,9 | 16,55 | 16,63 | 14,3 |
| 1/2 | 14 | 21,336 | 20,55 | 20,71 | 16,8 | 20,62 | 20,7 | 18,6 |
| 3/4 | 14 | 26,67 | 25,87 | 26,03 | 17,0 | 25,93 | 26,02 | 18,9 |
| 1" | 11 1/2 | 33,401 | 32,42 | 32,59 | 21,2 | 32,47 | 32,56 | 23,5 |
| 1 1/4 | 11 1/2 | 42,164 | 41,14 | 41,32 | 21,9 | 41,2 | 41,29 | 24,1 |
| 1 1/2 | 11 1/2 | 48,26 | 47,21 | 47,39 | 22,3 | 47,27 | 47,36 | 24,5 |
| 2" | 11 1/2 | 60,325 | 59,25 | 59,42 | 23,1 | 59,28 | 59,37 | 25,3 |
| 2 1/2 | 8 | 73,025 | 71,43 | 71,62 | 34,5 | 71,47 | 71,56 | 37,7 |
| 3" | 8 | 88,9 | 87,2 | 87,39 | 36,1 | 87,25 | 87,34 | 39,2 |

Maße in mm

## Gewinde-Vorarbeitsdurchmesser



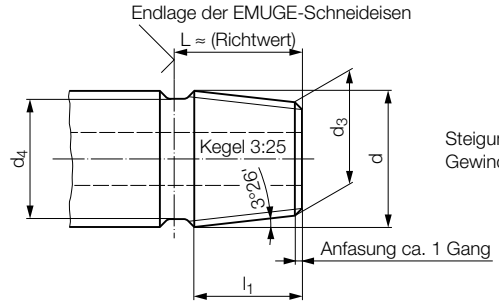

Steigung senkrecht zur Kegelachse,
Gewindeprofilwinkel 55°

### kegeliges Whitworth-Rohrgewinde nach DIN 2999, ISO 7/1 und BS 21 (früher BSPT)

R

| Gewinde-Nenngröße | P Gg./1" | Nenn-ø d | Nennmaß a | Dreh-ø $D_a$ | Dreh-ø Tol. | L ≈ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| R 1/16 | 28 | 7,723 | 4,0 | 7,47 | ± 0,05 | 8,1 |
| R 1/8 | 28 | 9,728 | 4,0 | 9,48 | | 8,1 |
| R 1/4 | 19 | 13,157 | 6,0 | 12,78 | ± 0,08 | 12 |
| R 3/8 | 19 | 16,662 | 6,4 | 16,26 | | 12,4 |
| R 1/2 | 14 | 20,955 | 8,2 | 20,44 | ± 0,11 | 16,4 |
| R 3/4 | 14 | 26,441 | 9,5 | 25,85 | | 17,7 |
| R 1" | 11 | 33,249 | 10,4 | 32,60 | ±0,14 | 20,8 |
| R 1 1/4 | 11 | 41,910 | 12,7 | 41,12 | | 23,1 |
| R 1 1/2 | 11 | 47,803 | 12,7 | 47,01 | | 23,1 |
| R 2" | 11 | 59,614 | 15,9 | 58,62 | | 27,4 |
| R 2 1/2 | 11 | 75,184 | 17,5 | 74,09 | ± 0,2 | 30,7 |
| R 3" | 11 | 87,884 | 20,6 | 86,60 | | 33,8 |
| R 4" | 11 | 113,030 | 25,4 | 111,44 | | 39,8 |

Maße in mm




Steigung senkrecht zum Kegelmantel,
Gewindeprofilwinkel 55°

### kegeliges Glasflaschengewinde nach DIN 477, DIN EN ISO 11116 (17E), DIN EN 629 (25E)

DIN 477
kegelig

| Gewinde-Bezeichnung | P | Dreh-ø d | Dreh-ø $d_3$ | Tol. | $l_1$ | $d_4$ ≈ | L ≈ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 17E/W 19,8 x 1/14 keg. | 1,814 | 19,8 | 17,4 | +0,12 | 21 | 17,2 | 23 |
| 25E/W 28,8 x 1/14 keg. | 1,814 | 28,8 | 25,8 | | 26 | 26,2 | 28 |
| W 31,3 x 1/14 keg. | 1,814 | 31,3 | 28,3 | | 26 | 28,7 | 28 |

Maße in mm

### 11.4.3 Bestimmung von Schnittkraft, Drehmoment und Leistung

| Bezeichnung | Kurz-zeichen | Einheit | Formel | Beispiel |
|---|---|---|---|---|
| **Gewindekennwerte** | | | | |
| Gewindenenn-durchmesser | d | mm | | d = 16 mm |
| Kern-durchmesser | $d_3$ | mm | | $d_3$ = 13,546 mm |
| Steigung | P | mm | | P = 2 mm |
| Vordrehmaß | $d_v$ | mm | | $d_v$ = 15,82 mm |
| **Schnittwerte** | | | | |
| Schnitt-geschwindigkeit | $v_c$ | m/min | $v_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1.000}$ | $v_c$ = 10 m/min |
| Drehzahl | n | $min^{-1}$ | | n = 199 $min^{-1}$ |
| Vorschub-geschwindigkeit | $v_f$ | mm | $v_f = P \cdot n$ | $v_f = 2 \cdot 199 = 398$ mm/min |
| **Schnittkraft** | | | | |
| Spanungsdicke | h | mm | $h = P \cdot f$ | $h = 2 \cdot 0{,}046 = 0{,}092$ mm |
| spezifische Schnittkraft | $k_c$ | $N/mm^2$ | | $k_c$ = 3.860 $N/mm^2$ |
| Spanungs-querschnitt | A | $mm^2$ | $A = \frac{(d_v - d_3)}{4} \cdot P$ | $A = \frac{(15{,}82 - 13{,}546)}{4} \cdot 2 = 1{,}137$ $mm^2$ |
| Schnittkraft | $F_c$ | N | $F_c = k_c \cdot A$ | $F_c = 3.860 \cdot 1{,}137 = 4.389$ N |
| **Drehmoment** | | | | |
| Drehmoment (Näherungswert) | $M_d$ | Nm | $M_d = F_c \cdot \frac{d_v}{2.000}$ | $M_d = 4.389 \cdot \frac{15{,}82}{2.000} = 34{,}72$ Nm |
| **Leistung** | | | | |
| Schnittleistung | $P_c$ | kW | $P_c = M_d \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60.000}$ | $P_c = 34{,}72 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 199}{60.000} = 0{,}72$ kW |

## 11.4.4 Empfohlene Gewindedurchmesser für das Schneiden in einem Schnitt

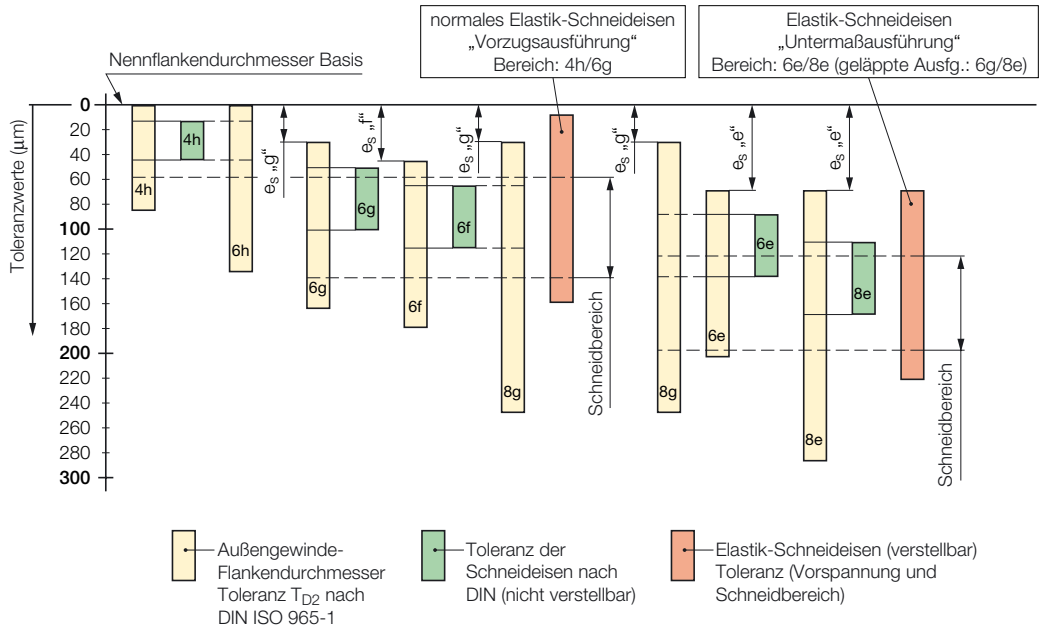
| | | Gewindeschneiden in | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Stahl bis ca. 700 N/mm² | | VA-Stähle | | Messing | | Leichtmetalle | |
| Regelgewinde | ø max. | 33 | | 27 | | 39 | | 52 | |
| | P max. | 3,5 | | 3 | | 4 | | 5 | |
| Feingewinde | ø max. | 150 | 90 | 90 | 52 | 150 | | 150 | |
| | P max. | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | | 3 | |
| zyl. Rohrgewinde | ø max. | 90 | | 52 | | 150 | | 150 | |
| | P max. | 3 | | 3 | | 3 | | 3 | |

Maße in mm; P=Steigung

Schneideisen mit größerer Abmessung sollten nur zum Nachschneiden von Gewinden verwendet werden.

## 11.4.5 Anwendung der EMUGE-DIN- und -Elastik-Schneideisen für die Toleranzfelder des Metrischen ISO-Gewindes

**Beispiel M10**




Bei DIN-Schneideisen sind die Toleranzklassen 4h, 6g und 6e handelsüblich (Toleranzklassen 6f und 8e sind Sonderfall). Die schematische Darstellung für M10 zeigt, dass mit EMUGE-Elastik-Schneideisen in zwei Varianten („normal“ und „Untermaß“) die ganze Palette der ISO-Außengewinde-Toleranzen erreicht werden kann.

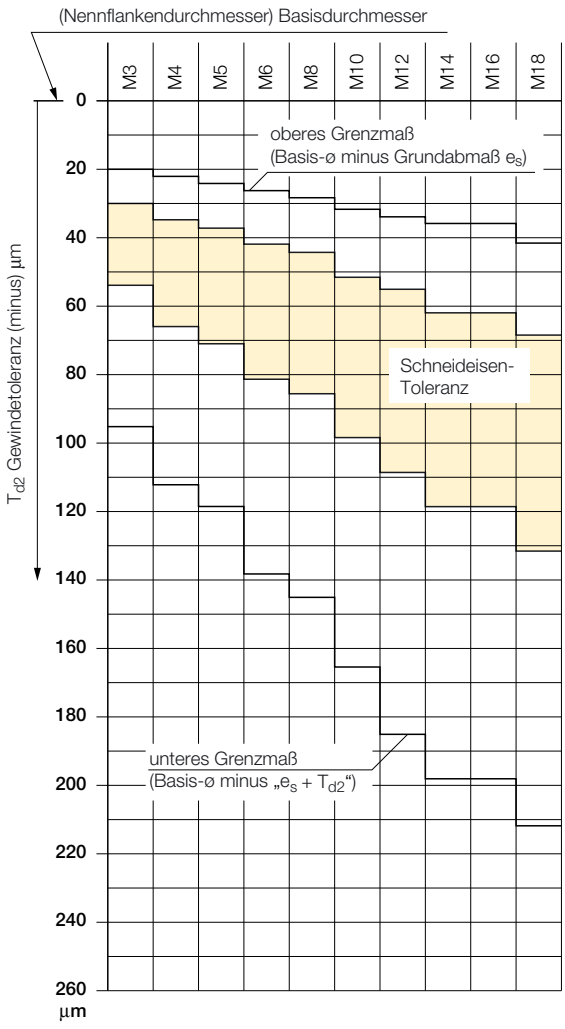
## 11.5 Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit

| Hauptgruppe / Untergruppe | | | Beispiel | Nr. | Zugfestigkeit Rm [N/mm²] Härte [HB/HRC/HV] |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | **Stahlwerkstoffe** | | | | |
| 1.1 | Kaltfließpressstähle, Magnetweicheisen | ≤ 400 N/mm² | Q-St37-3<br>R-Fe80 | 1.0123<br>1.1014 | |
| 1.2 | Automatenstähle, Allgemeine Baustähle | ≤ 600 N/mm² | 9SMnPb28<br>St37-2 | 1.0718<br>1.0037 | 500-700 N/mm²<br>340-470 N/mm² |
| 1.3 | Automatenstähle, Baustähle, Legierte Stähle, Stahlguss | ≤ 850 N/mm² | St70-2<br>GS-25CrMo4 | 1.0070<br>1.7218 | 700-900 N/mm²<br>650-950 N/mm² |
| 1.4 | Einsatzstähle, Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Kaltarbeitsstähle | ≤ 1100 N/mm² | 16MnCr5<br>Ck45<br>100Cr6 | 1.7131<br>1.1191<br>1.3505 | 500-700 N/mm²<br>600-800 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 1.5 | Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Warmarbeitsstähl, Gehärtete Stähle ≤ 44 HRC, Kaltarbeitsstähle | ≤ 1400 N/mm² | 42CrMo4V<br>X30WCrV5-3<br>X38CrMoV5-3<br>X155CrVMo12-1 | 1.7225<br>1.2567<br>1.2367<br>1.2379 | 1200-1400 N/mm²<br>1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm² |
| 1.6 | Gehärtete Stähle | > 44 - 55 HRC | 55NiCrMoV6 | 1.2713 | 47-52 HRC |
| 1.7 | Gehärtete Stähle | > 55 - 60 HRC | 45WCrV7 | 1.2542 | 56-57 HRC |
| 1.8 | Gehärtete Stähle | > 60 - 63 HRC | X155CrVMo12-1 | 1.2379 | 60-63 HRC |
| 1.9 | Gehärtete Stähle | > 63 - 66 HRC | X210CrW12 | 1.2436 | 63-64 HRC |
| 1.10 | Rostbeständige Stähle, Säurebeständige Stähle, Hitzebeständige Stähle | ≤ 850 N/mm² | X10NiCrAlTi32-20 [INCOLOY800]<br>X12CrNiTi18-9<br>X6CrNiMoTi17-12-2 | 1.4876<br>1.4878<br>1.4571 | 610-850 N/mm²<br>500-700 N/mm²<br>500-730 N/mm² |
| 1.11 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1100 N/mm² | X45SiCr4 | 1.4704 | 900-1100 N/mm² |
| 1.12 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1400 N/mm² | X5NiCrTi26-15 | 1.4980 | 1200 N/mm² |
| 1.13 | Stahl-Sonderwerkstoffe | | FerroTiC<br>Hardox500 | | 800-900 N/mm²<br>1300-1400 N/mm² |
| **2** | **Gusswerkstoffe** | | | | |
| 2.1 | Gusseisen | | GG 20<br>GG 30 | 0.6020<br>0.6030 | 120-220 HB<br>220-270 HB |
| 2.2 | Gusseisen mit Kugelgraphit | | GGG 40<br>GGG 70 | 0.7040<br>0.7070 | 400 N/mm²<br>700-1050 N/mm² |
| 2.3 | Gusseisen mit Vermikulargraphit | | GGV(80%Perlit)<br>GGV(100%Perlit) | | 220 HB<br>230 HB |
| 2.4 | Temperguss | | GTW 40<br>GTS 65 | 0.8040<br>0.8165 | 360-420 N/mm²<br>580-650 N/mm² |
| 2.5 | Hartguss | ≤ 400 HB | | | -400 HB |
| **3** | **Kupfer, Kupferlegierungen, Bronze, Messing** | | | | |
| 3.1 | Reinkupfer und niedrigleg. Kupfer | ≤ 500 N/mm² | E-Cu | 2.0060 | 250-350 N/mm² |
| 3.2 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) | | CuZn40 [Ms60]<br>CuZn37 [Ms63] | 2.0360<br>2.0321 | 340-490 N/mm²<br>310-550 N/mm² |
| 3.3 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) | | CuZn39Pb2 [Ms58] | 2.0380 | 380-500 N/mm² |
| 3.4 | Kupfer-Alu-Legierungen (Alubronze langspanend)<br>Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze langspanend) | | CuAl10Ni | 2.0966 | 500-800 N/mm² |
| 3.5 | Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze kurzspanend) | | GCuSn5ZnPb [Rg5]<br>GCuSn7ZnPb [Rg7] | 2.1096<br>2.1090 | 150-300 N/mm²<br>150-300 N/mm² |
| 3.6 | Kupfer-Sonderlegierungen bis Q18 | | Ampco16 | | 630 N/mm² |
| 3.7 | Kupfer-Sonderlegierungen über Q18 | | Ampco20 | | 600 N/mm² |
| **4** | **Nickel-/Kobalt-Legierungen** | | | | |
| 4.1 | Nickel-/Kobalt-Leg. warmfest | ≤ 850 N/mm² | NiCu30Fe [MONEL400] | 2.4360 | 420-610 N/mm² |
| 4.2 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest | 850-1400 N/mm² | NiCr19NbMo [INCONEL718] | 2.4668 | 850-1190 N/mm² |
| 4.3 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest | >1400 N/mm² | Haynes 25 (L605) | | 1550-2000 N/mm² |
| **5** | **Aluminiumlegierungen** | | | | |
| 5.1 | Alu-Knetlegierungen | | Al 99,5 [F13]<br>AlCuMg1 [F39] | 3.0255<br>3.1325 | 100-250 N/mm²<br>300-500 N/mm² |
| 5.2 | Alu-Gusslegierungen Si ≤ 5% | | G-AlMg3 | 3.3541 | 130-190 N/mm² |
| 5.3 | Alu-Gusslegierungen 5% < Si ≤ 12% | | GD-AlSi9Cu3<br>GD-AlSi12 | 3.2163<br>3.2582 | 240-310 N/mm²<br>220-300 N/mm² |
| 5.4 | Alu-Gusslegierungen 12% < Si | | G-AlSi17Cu4 | | 180-250 N/mm² |
| **6** | **Magnesiumlegierungen** | | | | |
| 6.1 | Magnesium-Knetlegierungen | | MgAl6 | 3.5662 | 300-500 N/mm² |
| 6.2 | Magnesium-Gusslegierungen | | GMgAl9Zn1 | 3.5912 | 300-500 N/mm² |
| **7** | **Titan, Titanlegierungen** | | | | |
| 7.1 | Reintitan, Titanlegierungen | ≤ 900 N/mm² | Ti3 [Ti99.4]<br>TiAl6V4 | 3.7055<br>3.7164 | 700 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 7.2 | Titanlegierungen | 900-1250 N/mm² | TiAl4Mo4Sn2 | 3.7185 | 900-1250 N/mm² |
| **8** | **Kunststoffe** | | | | |
| 8.1 | Duroplaste (kurzspanend) | | BAKELIT | | 110 N/mm² |
| 8.2 | Thermoplaste (langspanend) | | HOSTALEN | | 80 N/mm² |
| 8.3 | Faserverstärkte Kunststoffe | | CFK / GFK / AFK | | 800-1500 N/mm² |
| **9** | **Werkstoffe für bes. Anwendungen** | | | | |
| 9.1 | Graphit | | C-8000 | | 60 N/mm² |
| 9.2 | Wolfram-Kupfer-Legierungen | | W-Cu 80/20 | | 230-250 HV |

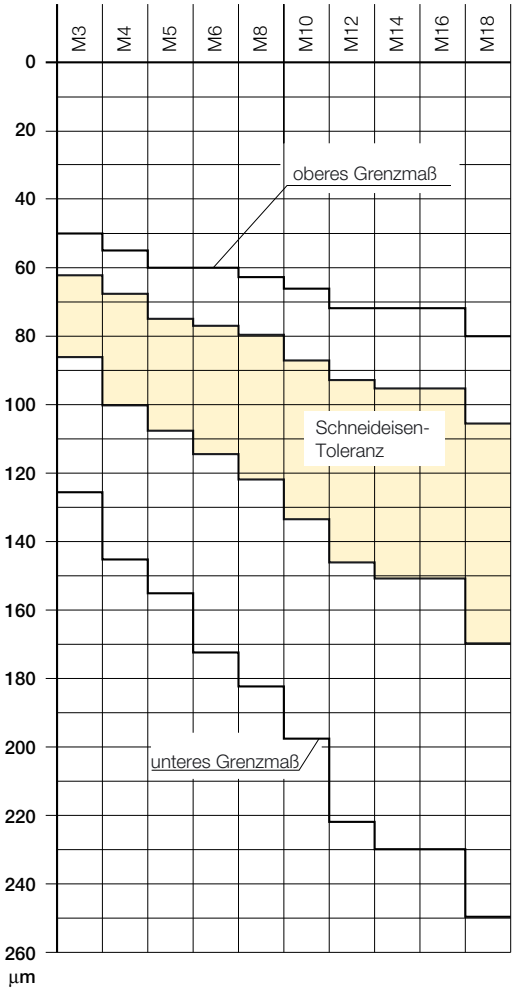
| Schnitt-geschwindigkeit $v_c$ [m/min] | Kühlschmiermittel |
|---|---|
| | |
| 4-8 | EMUGE-Öl Nr. 1 clf / Nr. 1 |
| 3-6 | EMUGE-Öl Nr. 1 clf / Nr. 1 |
| 2-5 | EMUGE-Öl Nr. 1 clf / Nr. 1 |
| 2-3 | EMUGE-Öl Nr. 1 clf / Nr. 1 |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| 2-4 | EMUGE-Öl Nr. 5 clf / Nr. 5 |
| 2-3 | EMUGE-Öl Nr. 5 clf / Nr. 5 |
| | |
| | |
| | |
| 3-8 | EMUGE-Öl Nr. 2 clf / Nr. 2 |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| 10-16 | EMUGE-Öl Nr. 4 clf / Nr. 4 |
| 10-16 | EMUGE-Öl Nr. 4 clf / Nr. 4 |
| 15-25 | EMUGE-Öl Nr. 4 clf / Nr. 4 |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| 12-18 | EMUGE-Öl Nr. 4 clf / Nr. 4 |
| 8-14 | EMUGE-Öl Nr. 4 clf / Nr. 4 |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

## 11.6 Lage der Schneideisen-Herstelltoleranz für Metrisches Gewinde

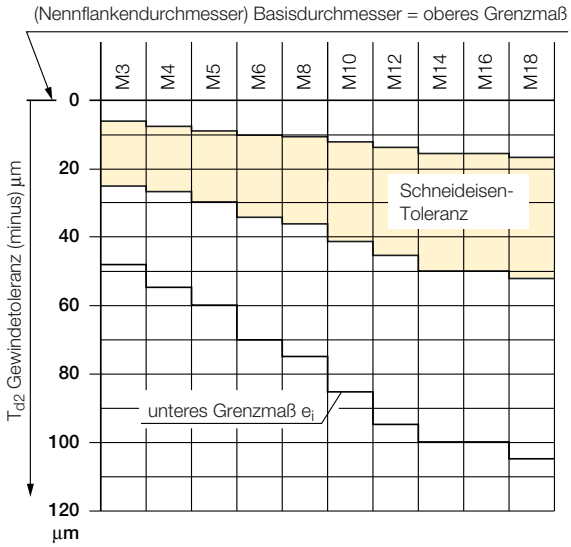
**Außengewinde-Toleranzfeld „6g“ (handelsüblich)**




**Außengewinde-Toleranzfeld „6e“**




**Außengewinde-Toleranzfeld „4h“**

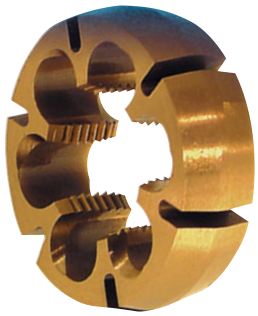



Die in den grafischen Darstellungen angegebenen Schneideisentoleranzen gelten für geschlossene Schneideisen (nicht verstellbar) und sind Richtwerte.
Für Metrisches ISO-Feingewinde und andere Gewinde können die Schneideisen-Herstelltoleranzen analog bestimmt werden.

Herstelltoleranzen für Schneideisen-Gewinde sind nach DIN oder ISO nicht genormt.

## 11.7 EMUGE-Elastik-Schneideisen

### 11.7.1 Allgemeines



Bei der Entwicklung dieses Werkzeuges ging man davon aus, ein Schneideisen herzustellen, das ähnliche Merkmale wie ein Gewindebohrer aufweist, nämlich radialen und axialen Freiwinkel. Normale Schneideisen haben keinen Flankenfreiwinkel und keine Konizität im Gewinde.
Der beim Elastik-Schneideisen wirksam werdende **Freiwinkel in axialer und radialer Richtung** vermindert die Reibung und den Flankenkontakt. Bildung von Kaltschweißungen, aufgeraute Gewinde und ähnliche Erscheinungen sind dadurch vermeidbar. Die Konstruktion des Elastik-Schneideisens lässt eine Verstellung der Schneidstege durch das Vorspannen des Werkzeuges in der Elastik-Kapsel zu.
Ein weiterer nutzenbringender Vorteil ist, dass das Elastik-Schneideisen beim Einstellen des axialen und radialen Freiwinkels im Maß so verändert werden kann, dass ein Außengewinde-Flankenmaß innerhalb bestimmter Toleranzfelder (z.B. ISO-4h, 6h, 6g, 6f, 8g, 6e, 8e) erreichbar ist. Das Elastik-Schneideisen wird in der Regel mit zwei Anschnittseiten gefertigt und kann beidseitig eingesetzt werden. Die Funktion ist jedoch nur unter Beachtung der Einstellvorschriften gewährleistet.

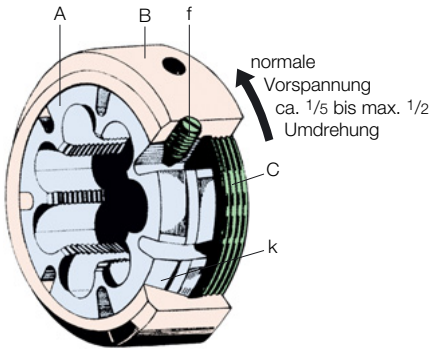
**EMUGE-Elastik-Schneideisen haben entscheidende Vorteile gegenüber handelsüblichen Schneideisen:**

- feineinstellbar innerhalb der Toleranzklasse fein und mittel (z.B. ISO-4h bis ISO-6g)
- einstellbarer Freiwinkel radial und axial

**Daraus resultiert:**

- höhere Standzeit
- geringeres Schnittmoment
- bessere Gewindeoberfläche
- geringere Reibung

### 11.7.2 Montage und Einstellung

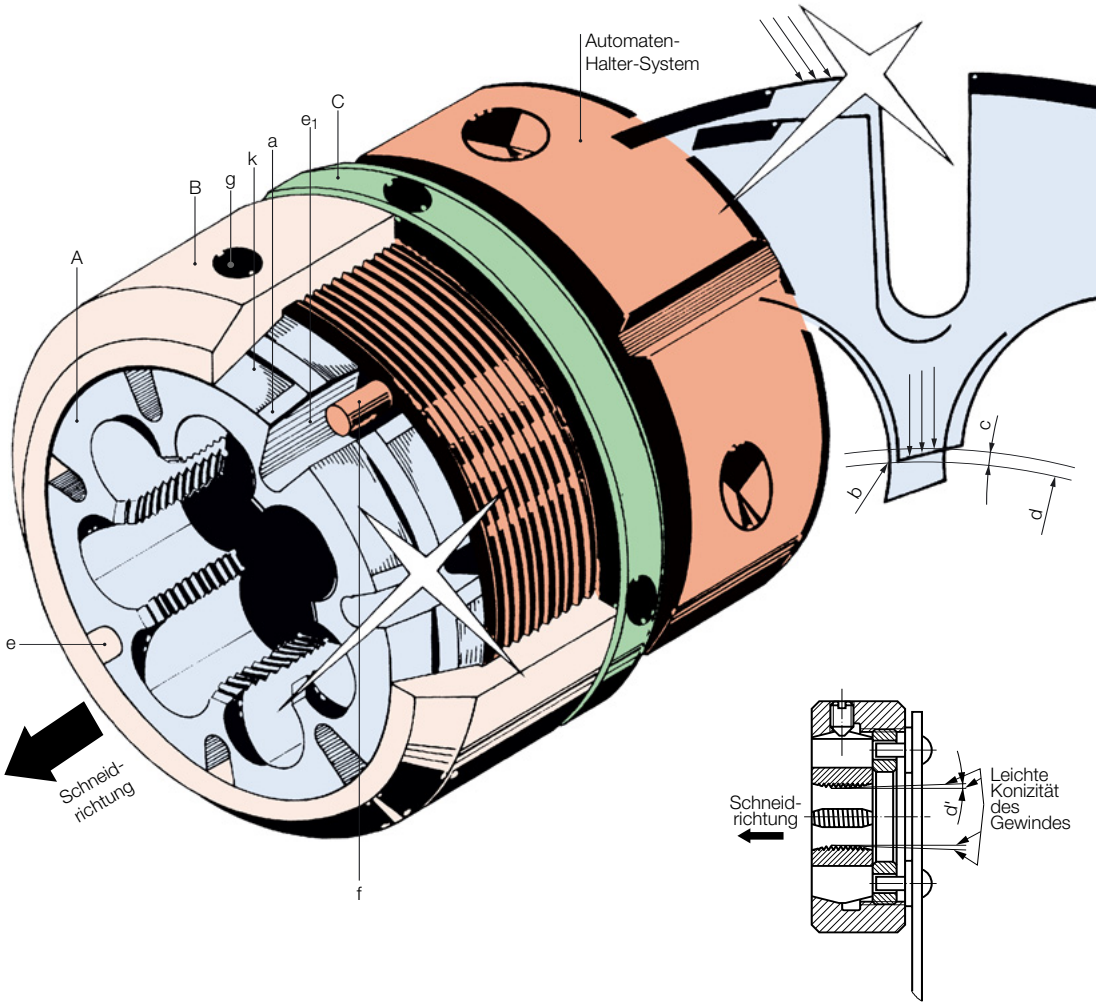



Das Elastik-Schneideisen (A) wird in die Kapsel (B) eingelegt. Ein Tropfen Öl an den Berührungsflächen Kegel (k) und Planfläche erleichtert die Spannfunktion. Der Stellring (C) wird von Hand bis zur Anlage eingeschraubt. Die richtige Lage des Elastik-Schneideisens im Aufnahmekegel der Kapsel ist an der Schneidenseite zu kontrollieren. Anschließend wird der Kraftanzug mittels Spannschlüssel vorgenommen.
Für die Einstellung des Elastik-Schneideisens auf den speziellen Automatenhaltern wird in gleicher Weise vorgegangen. Der Stellring erübrigt sich, da das Elastik-Schneideisen gegen die Planseite des Halters gepresst wird. Nach dem Kraftanzug wird die Automaten-Kapsel mit einer Gegenmutter gekontert. Beim Aufschrauben der Automaten-Kapsel ist darauf zu achten, dass die Arretierungsschraube (f) im Aufnahmeschlitz des Elastik-Schneideisens zur Anlage kommt und den Spannvorgang nicht behindert.
Die Vorspannung des Elastik-Schneideisens mit dem Stellring soll mindestens 1/5 bis max. 1/2 Umdrehung betragen, damit die beschriebene Funktion erreicht wird.
In dem genannten Vorspannungsbereich sind Außengewinde-Flankenmaße erreichbar, die im Toleranzbereich fein bis mittel, z.B. ISO-4h bis ISO-6g, liegen. Nach dem Spannvorgang sollen die ersten zwei bis drei geschnittenen Gewinde im Flankendurchmesser geprüft werden.
Wird mit der eben beschriebenen Einstellung das gewünschte Gewindemaß nicht erzielt, so kann mit dem Stellring im angegebenen Bereich nachgestellt werden, wobei die jeweilige Stellring-Stellung markiert werden sollte. Bei jedem Stellvorgang muss die Vorspannung ganz gelöst und mit einem Anzug in die neue Stellung gebracht werden. Elastik-Schneideisen reagieren sehr empfindlich, wenn der Anpressdruck beim Anschneiden ungünstig ausgelegt ist. Vor allem auf Drehautomaten ist die Anlaufkurve, mit der das Elastik-Schneideisen beim Anschneiden angesteuert wird, richtig einzustellen. Auf Grund des freien Schnittes ist es notwendig, dass beim Anschneiden mindestens während der ersten drei Gewindegänge der Vorschub über die Steuerkurve der Steigung angenähert wird.

# Schneideisen

## 11.7.3 Konstruktive Merkmale und Funktion

Das Elastik-Schneideisen (A) hat am Umfang angeschliffene Kegel mit Drucknocken (a). Die radialen Elastik-Schlitze (e) geben dem Werkzeug einen Elastizitätseffekt. Anzahl der Schlitze (e) = Anzahl der Schneidstege. Das Elastik-Schneideisen wird in der Automaten-Kapsel oder der Elastik-Kapsel (B) aufgenommen. Der Arretierstift (f) kommt im V-Schlitz ($e_1$) zur Anlage.
Über das Aufnahmegewinde wird das Elastik-Schneideisen axial in den Zentrierkonus (k) gepresst und mit dem Stellring oder der Gegenmutter (C) gekontert. Die aufgebrachte Axialkraft wird über den Zentrierkonus (k) auf die Drucknocken (a) am Kegelumfang übertragen. Dieses bewirkt eine elastische Verformung in radialer Richtung. Dabei entsteht ein Flankenfreiwinkel (c) und ein axialer Freiwinkel (d') des Gewindes.




| | | | |
|---|---|---|---|
| A | Elastik-Schneideisen | d | Schneideisen-Gewinde-kerndurchmesser |
| B | Elastik-Kapsel oder Automaten-Elastik-Kapsel | d' | axialer Freiwinkel |
| C | Stellring (oder Gegenmutter bei Automaten-Elastik-Kapseln) | e | Elastik-Schlitze |
| D | Spannschlüssel | $e_1$ | Arretierschlitz (V-Schlitz) |
| a | Drucknocken | f | Arretierschraube oder Arretierstift (sichert Mitnahme) |
| b | Schneidkante | g | Anbohrungen nach DIN |
| c | Freiwinkel radial | k | Zentrierkonus (Innenkegel) |

Informationen zu Begriffen und Definitionen am Schneideisen siehe **Kapitel 11.3.1**.

## 11.8 Fehler, Ursachen und Abhilfe

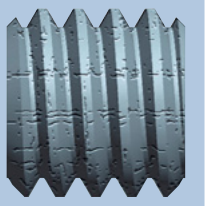
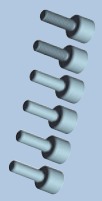
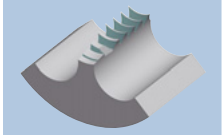
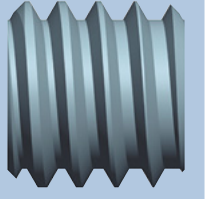
| festgestellter Fehler | eventuelle Ursache | Abhilfe |
|---|---|---|
| Gewindeoberfläche unsauber (siehe Bild 1)  | • Gewinde-Vorarbeitsdurchmesser zu groß<br>• Kaltpressschweißungen in den Gewindeflanken<br>• ungenügende Kühlschmiermittelzuführung<br>• Schneidengeometrie für den Anwendungsfall nicht geeignet<br>• Schnittgeschwindigkeit zu hoch<br>• zu starker Verschleiß im Schneideisen<br>• Elastik-Schneideisen nicht ordnungsgemäß vorgespannt | • Gewinde-Vorarbeitsdurchmesser prüfen (siehe **Kapitel 11.4.2**)<br>• Schneideisen auf Kaltpressschweißungen prüfen<br>• Kühlschmiermittelzuführung kontrollieren, Fettgehalt der Emulsion prüfen, Verbesserung der Ölqualität<br>• Werkzeugauswahl für die einzelnen Materialien beachten, geeigneten Werkzeugtyp verwenden<br>• Schnittgeschwindigkeit an Anwendungsfall anpassen<br>• neues Schneideisen verwenden, Werkzeug nachschärfen, beschichtetes Schneideisen benutzen<br>• Montageanleitung für Elastik-Schneideisen beachten |
| Standlänge zu gering  | • Oberflächenverfestigung des Bearbeitungswerkstücks<br>• Schneidengeometrie ungeeignet<br>• falsche Schnittgeschwindigkeit gewählt<br>• ungenügende Kühlschmiermittelzuführung | • Vordrehwerkzeug überprüfen<br>• geeignetes Schneideisen verwenden<br>• Verwendung eines Elastik-Schneideisens<br>• beschichtetes Schneideisen einsetzen<br>• Schnittgeschwindigkeit dem Bearbeitungsfall anpassen<br>• Kühlschmiermittelzuführung prüfen |
| Zahnausbrüche im Anschnitt (siehe Bild 2)  | • Überlastung der Anschnittzähne<br>• Spanverklemmungen beim Gewindeschneiden<br>• Auflaufen des Schneideisens am Bund des Bearbeitungswerkstücks | • längeren Anschnitt verwenden, günstigeren Werkzeugtyp einsetzen<br>• Störkanten bei der Spanabführung beseitigen, Kühlschmiermittelzuführung verbessern<br>• Gewindelänge prüfen<br>• Verwendung von Gewindeschneid-futter mit Überlasteinsatz auf Druck (KSN und SFM, siehe **Kapitel 19**) |
| Gewinde axial verschnitten  | • Schleifgrat<br>• Schneideisen mit Schälanschnitt erhalten einen zu geringen Anschnittdruck | • Schleifgrat entfernen<br>• zwangsläufige Steigung verwenden, Andrückkurve prüfen, CNC-Programmierung prüfen (Steigung mit 100% programmieren) |

Bild 1



Bild 2

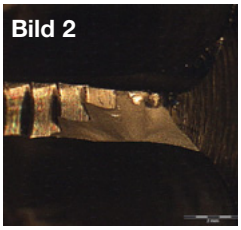
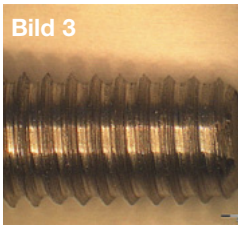
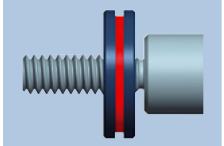


Bild 3



# Schneideisen

| festgestellter Fehler | eventuelle Ursache | Abhilfe |
|---|---|---|
| Gewinde zu klein  | • Toleranzangabe auf dem Schneideisen ist nicht identisch mit Toleranzangabe auf der Zeichnung oder der Gewindelehre<br>• Spanverklemmungen<br>• Elastik-Schneideisen zu stark vorgespannt<br>• Gewinde axial verschnitten<br>• Winkel- oder Positionsfehler der Bearbeitungswerkstücke | • Schneideisentoleranz prüfen<br>• Elastik-Schneideisen auf seine Toleranzangabe prüfen<br>• Störkanten bei der Spanabführung beseitigen, Kühlschmiermittelzuführung verbessern<br>• Montageanleitung für Elastik-Schneideisen beachten, Vorspannung reduzieren<br>• zwangsläufige Steigung verwenden, Andrückkurve prüfen, CNC-Programmierung prüfen (Steigung mit 100% programmieren)<br>• Werkstückspannung kontrollieren, Gewindeschneidfutter mit achsparalleler Pendelung verwenden (SFM-NP, siehe **Kapitel 19**) |



Seite

**12.1 Allgemeines . . . . . 406**

**12.2 Programmübersicht der EMUGE-Gewindelehren . . . . . 407**

12.2.1 Gewindelehren für Innengewinde und glatte Lehren für Gewindekerndurchmesser . . . . . 407

12.2.2 Gewindelehren für Außengewinde und glatte Lehren für Gewindeaußendurchmesser . . . . . 409

**12.3 Lage der Herstelltoleranzen für den Flankendurchmesser der Gewindelehren für Metrisches ISO-Gewinde . . . . . 412**

**12.4 Beschreibung der glatten Lehren . . . . . 414**

12.4.1 Glatte Lehren für Bohrungen . . . . . 414

12.4.2 Glatte Lehren für Wellen . . . . . 415

**12.5 Lehrung von Sondergewinden . . . . . 416**

12.5.1 Lehrung des amerikanischen NPT-Gewindes . . . . . 416

12.5.2 Lehrung des amerikanischen NPTF-Gewindes . . . . . 417

12.5.3 Das Lehrensystem nach ISO 7-2:2000 und EN 10226-3 . . . . . 418

12.5.3.1 Gewinde-Arbeitslehren nach ISO 7-2:2000 . . . . . 419

12.5.3.2 Gewinde-Prüflehren nach ISO 7-2:2000 . . . . . 421

12.5.4 Lehrung des EMUGE-SELF-LOCK-Gewindes . . . . . 422



# Lehren

## 12.1 Allgemeines

Für das Metrische ISO-Gewinde ist in DIN ISO 1502 ein Lehrensystem festgelegt mit dem Zweck, eine uneingeschränkte Austauschbarkeit der Werkstückgewinde zu gewährleisten.

Es gelten folgende Grundsätze:

1. Der Hersteller darf kein Werkstückgewinde liefern, dessen Gewinde-Istmaß außerhalb der festgelegten Grenzen liegt (z.B. der Flankendurchmesser und der Paarungsflankendurchmesser).
2. Der Besteller darf kein Werkstückgewinde zurückweisen, dessen Gewinde-Istmaß innerhalb der festgelegten Grenzen liegt (z.B. der Flankendurchmesser und der Paarungsflankendurchmesser).

Natürlich werden heute in der modernen Gewindefertigung auch andere Prüfmethoden angewandt, z.B. Messen mit anzeigenden Messgeräten. Bei Anwendung anderer Methoden ist darauf zu achten, dass diese zu gleichen Ergebnissen führen.

**In Zweifelsfällen sind die in der Norm DIN ISO 1502 empfohlenen Lehren für die Prüfung entscheidend.**

Wird in der Fertigung hauptsächlich durch Messen geprüft, so ist es unumgänglich, dass eine stichprobenmäßige Prüfung mit den genormten Lehren durchgeführt wird.
Die Bezugstemperatur für die Maße der Lehren und Werkstücke ist 20 °C. Wird bei anderen Temperaturen geprüft, sind die Ausdehnungskoeffizienten zu berücksichtigen.

Nachstehend werden nur die Lehren beschrieben, welche sich in die Praxis eingeführt haben und handelsüblich erhältlich sind.

## 12.2 Programmübersicht der EMUGE-Gewindelehren

### 12.2.1 Gewindelehren für Innengewinde und glatte Lehren für Gewindekerndurchmesser

Für die Lehrung des Innengewindes werden der Gewinde-Gut-Lehrdorn und der Gewinde-Ausschuss-Lehrdorn verwendet. Bis Gewindedurchmesser 40 mm sind Gut- und Ausschuss-Lehrdorn auf einen gemeinsamen Griff montiert und werden als Gewinde-Grenz-Lehrdorn bezeichnet. Für Ausnahmefälle sind Griffe für Gewinde-Grenz-Lehrdorne bis Gewindedurchmesser 62 mm nach DIN 2240-2 genormt. Zur Lehrung des Innengewinde-Kerndurchmessers wird ein (glatter) Gut- und Ausschuss-Lehrdorn empfohlen.

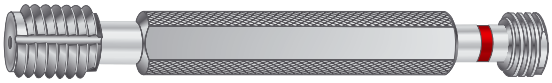


| Gewinde-Gut-Lehrdorn (G-Gut-LD) | |
|---|---|
| Beschreibung: | • Der Gewinde-Gut-Lehrdorn prüft das sogenannte Paarungsmaß des Innengewindes und die Einschraubbarkeit. Er prüft hierbei das Kleinstmaß des Innengewinde-Flankendurchmessers $D_2$ einschließlich gewisser Formabweichungen im Gewinde, z.B. Steigungs- und Gewindeprofilwinkel-Abweichungen. Außerdem prüft er auch das Kleinstmaß des Außendurchmessers. Nicht geprüft wird der Kerndurchmesser $D_1$ des Innengewindes.<br>• Der Gewinde-Gut-Lehrdorn muss sich von Hand ohne Anwendung besonderer Kraft auf ganze Länge des Werkstückgewindes einschrauben lassen. Die zulässige Abnutzung des Gewinde-Gut-Lehrdorns wird durch Messen nach der Drei-Draht-Methode festgestellt (siehe **Kapitel 14.1.2**). Der Gewinde-Gut-Lehrdorn unterliegt stärkerer Abnutzung und soll regelmäßig überprüft werden. EMUGE empfiehlt deshalb, die Gewinde-Gut-Lehrdorne in hartverchromter oder TiN-beschichteter Ausführung zu verwenden.<br>• Baumaße der Gewinde-Gut-Lehrdorne nach DIN 2281 und DIN 2282.<br>• Der Gewinde-Gut-Lehrdorn hat volles Gewindeprofil auf seiner Gewindelänge. Es ist zu beachten, dass die Gewindelänge nicht kleiner als 80% der Einschraublänge des Werkstückgewindes ist. Gewinde-Gut-Lehrdorne ab Gewindedurchmesser 5,5 mm werden von EMUGE mit einer Schmutznut versehen.<br>• Nach ISO 1502 sind keine sogenannten Abnahme-Gut-Lehrdorne genormt.<br>• Es ist empfehlenswert, die neuen Lehrdorne immer in der Fertigung zu benutzen und diejenigen, welche an der Abnutzungsgrenze liegen, für die Abnahme vorzusehen. |



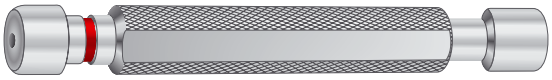
| Gewinde-Ausschuss-Lehrdorn (G-Aus-LD) | |
|---|---|
| Beschreibung: | • Der Gewinde-Ausschuss-Lehrdorn prüft, ob der Istflankendurchmesser des Werkstück-Innengewindes das vorgeschriebene Größtmaß überschreitet. Der Innengewinde-Außendurchmesser und Innengewinde-Kerndurchmesser wird nicht geprüft.<br>• Der Gewinde-Ausschuss-Lehrdorn darf sich von Hand ohne Anwendung besonderer Kraft in das Werkstückgewinde (von beiden Seiten) nicht mehr als zwei Umdrehungen einschrauben lassen. Die zwei Umdrehungen werden beim Ausschrauben des Lehrdorns festgestellt.<br>• Der Gewinde-Ausschuss-Lehrdorn hat eine Gewindelänge von mindestens drei Gängen. Das Gewindeprofil hat verkürzte Flanken.<br>• Die Lehren sind mit einem roten Farbring markiert.<br>• Baumaße nach DIN 2283 und DIN 2284. |

# Lehren



## Gewinde-Grenz-Lehrdorn (G-Gr-LD)

| | |
|---|---|
| Beschreibung: | • Der Gewinde-Grenz-Lehrdorn ist die Kombination von Gewinde-Gut-Lehrdorn und Gewinde Ausschuss-Lehrdorn auf einem Griff.<br>• Die Baumaße der Gewinde-Grenz-Lehrdorne sind bis Nennmaßdurchmesser 40 mm nach DIN 2280 festgelegt.<br>Die Funktionsweise entspricht den vorher beschriebenen Gewinde-Gut- und -Ausschuss-Lehrdornen. |

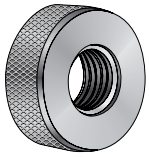


## Lehren für den Innengewinde-Kerndurchmesser (Glatt-Gr-LD)

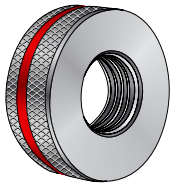
| | |
|---|---|
| Beschreibung: | • Der Innengewinde-Kerndurchmesser $D_1$ wird mit einem glatten, zylindrischen Gut- und Ausschuss-Lehrdorn bzw. Grenz-Lehrdorn geprüft. Da sich der Kerndurchmesser durch das Gewindeschneiden verändern kann, ist eine Überprüfung nach der Gewindefertigstellung notwendig.<br>Grundsätzlich soll vor Lehrung des Innengewinde-Flankendurchmessers eine Prüfung des Innengewinde-Kerndurchmessers erfolgen.<br>• Der glatte Gut-Lehrdorn muss sich von Hand ohne Anwendung besonderer Kraft durch das Werkstückgewinde führen lassen.<br>• Der glatte Ausschuss-Lehrdorn darf sich in das Werkstückgewinde von beiden Seiten nicht tiefer als eine Steigung (1 x P), vom Gewindeanfang aus, einführen lassen. |

## 12.2.2 Gewindelehren für Außengewinde und glatte Lehren für Gewindeaußendurchmesser

Für die Lehrung des Außengewindes zur Gutseite soll vorzugsweise ein Gewinde-Gut-Lehrring verwendet werden. Bei Verwendung der Gewinde-Gut-Rachenlehre wird eine Verkürzung der Prüfzeit erreicht, jedoch werden nicht alle möglichen Abweichungen erfasst. Es wird grundsätzlich empfohlen, dass eine Lehrung mit der Gewinde-Gut-Rachenlehre durch eine stichprobenweise Lehrung mit dem Gewinde-Gut-Lehrring ergänzt wird. Für nicht formstabile und dünnwandige Werkstücke werden nur Lehrringe verwendet.
Zur Lehrung des Außengewindes zur Auschussseite bringt die Verwendung der Gewinde-Ausschuss-Rachenlehre eine Verkürzung der Prüfzeit. Für die stichprobenweise Lehrung ist ein Gewinde-Ausschuss-Lehrring erforderlich.
Die Gewinde-Rachenlehren werden handelsüblich als sogenannte Gewinde-Grenz-Rollenrachenlehren angeboten. Zur Einstellung auf die Sollmaße sind Gewinde-Einstell-Lehrdorne erforderlich.
Die Gewinde-Lehrringe sollen mit Gewinde-Abnutzungs-Prüfdornen regelmäßig überwacht werden. Zur Prüfung, insbesondere von neuen Lehrringen, werden Gut- und Ausschuss-Prüfdorne (Gegenlehrdorne) verwendet. Der Gewinde-Außendurchmesser d wird mit glatten Gut- und Ausschuss-Lehrringen oder Gut- und Ausschuss-Rachenlehren geprüft.

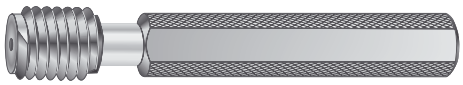


| Gewinde-Gut-Lehrring (G-Gut-LR) | |
|---|---|
| Beschreibung: | • Der Gewinde-Gut-Lehrring prüft das sogenannte Paarungsmaß des Außengewindes und die Aufschraubbarkeit. Er prüft dabei das Größtmaß des Außengewinde-Flankendurchmessers $d_2$ einschließlich gewisser Formabweichungen im Gewinde, z.B. Steigungs-und Gewindeprofilwinkel-Abweichungen. Außerdem prüft er, ob das gerade Flankenstück genügend lang ist, d.h., ob die Rundung am Außengewinde-Kern nicht zu weit in die Profilflanke hineinreicht. Die Kernrundung selbst wird dabei nicht geprüft. Auch der Außendurchmesser wird von dieser Lehre nicht geprüft.<br>• Der Gewinde-Gut-Lehrring muss sich von Hand ohne Anwendung besonderer Kraft über die ganze Länge auf das Werkstückgewinde aufschrauben lassen.<br>• Der Gewinde-Gut-Lehrring unterliegt stärkerer Abnutzung und sollte mit dem Abnutzungs-Prüfdorn regelmäßig überprüft werden.<br>• Es ist zu beachten, dass die Gewindelänge nicht kleiner als 80% der Einschraublänge des Werkstückgewindes ist.<br>• Baumaße der Gewinde-Gut-Lehrringe nach DIN 2285.<br>• Gewinde-Gut-Lehrringe in der Standardausführung ohne Schmutznut (Außengewinde lässt sich vor der Lehrung besser reinigen als Innengewinde). |



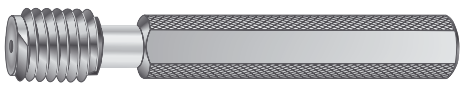
## Gewinde-Ausschuss-Lehrring (G-Aus-LR)

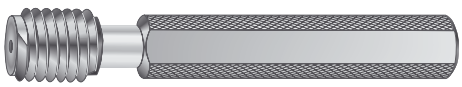
| | |
|---|---|
| Beschreibung: | • Der Gewinde-Ausschuss-Lehrring soll prüfen, ob der Istflankendurchmesser des Werkstück-Außengewindes das vorgeschriebene Kleinstmaß unterschreitet. Der Außengewinde-Außendurchmesser und -Kerndurchmesser wird dabei nicht geprüft.<br>• Der Gewinde-Ausschuss-Lehrring darf sich von Hand ohne Anwendung besonderer Kraft nicht mehr als zwei Gewindegänge auf das Werkstückgewinde (von beiden Seiten) schrauben lassen. Die zwei Umdrehungen werden beim Abschrauben des Lehrringes festgestellt.<br>• Der Gewinde-Ausschuss-Lehrring muss regelmäßig mit dem Abnutzungsprüfdorn überwacht werden.<br>• Der Gewinde-Ausschuss-Lehrring hat eine Gewindelänge von mindestens drei Gängen. Das Gewindeprofil hat verkürzte Flanken.<br>• Die Lehrringe haben eine rote Markierung.<br>• Baumaße nach DIN 2299. |



## Gewinde-Abnutzungs-Prüfdorn (P-Ap-...)

| | |
|---|---|
| Beschreibung: | • Gewinde-Abnutzungs-Prüfdorne für Gewinde-Gut-Lehrringe (P-Ap-G) bzw. Gewinde-Ausschuss-Lehrringe (P-Ap-A) werden verwendet, um festzustellen, ob der Flankendurchmesser der Lehrringe die Abnutzungsgrenze überschritten hat. Besonders bei Gewinde-Gut-Lehrringen kann auf diese Art der raschen Überprüfung nicht verzichtet werden.<br>• Gewinde-Abnutzungs-Prüfdorne dürfen sich von Hand ohne Anwendung besonderer Kraft von beiden Seiten nur eine Umdrehung einschrauben lassen. Ist ein Einschrauben um mehr als einen Gewindegang gegeben, dann ist die Abnutzungsgrenze überschritten und der Lehrring genügt nicht mehr den Anforderungen.<br>• Baumaße nach DIN 2283 und DIN 2284. |



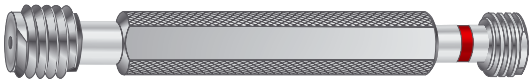


## Gewinde-Gut- und -Ausschuss-Prüfdorn (Gegenlehrdorn) (P-Gut-... und P-Aus-...)

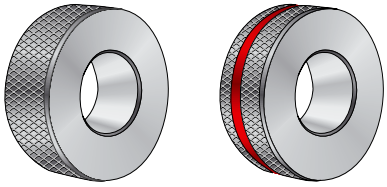
| | |
|---|---|
| Beschreibung: | • Gewinde-Gut- (P-Gut-G, P-Gut-A) und -Ausschuss-Prüfdorne (P-Aus-G, P-Aus-A) werden zum Prüfen der neuen Gewinde-Gut-Lehrringe bzw. Gewinde-Ausschuss-Lehrringe verwendet. Auch bei der Fertigung der Gewinde-Lehrringe werden sie angewendet. Sie prüfen dabei die Grenzmaße des Lehrenflankendurchmessers. Der Gewinde-Ausschuss-Prüfdorn prüft dabei auch die gerade Flanke und stellt sicher, dass der Außendurchmesser des Lehrringes nicht zu klein ist.<br>• Der Gewinde-Gut-Prüfdorn soll sich noch von Hand durch den neuen Lehrring schrauben lassen. Der Gewinde-Ausschuss-Prüfdorn darf sich von beiden Seiten nicht mehr als eine Umdrehung einschrauben lassen.<br>• Baumaße des Gewinde-Gut-Prüfdornes nach DIN 2281 und DIN 2282, Baumaße des Gewinde-Ausschuss-Prüfdornes nach DIN 2283 und DIN 2284. |



## Gewinde-Grenz-Rollenrachenlehre (G-Roll-L-Gr)



## Gewinde-Grenz-Einstelllehre (G-Gr-Einst-LD)



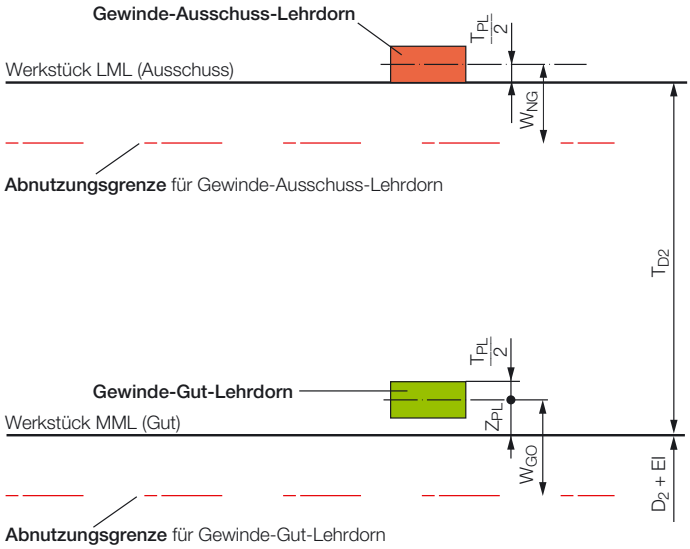
## Lehren für Außengewinde-Außendurchmesser (Glatt-Gut-LR, Glatt-Aus-LR)

| | |
|---|---|
| Beschreibung: | • Der Außengewinde-Außendurchmesser wird mit Gut- und Ausschuss-Rachenlehren oder glatten Gut- und Ausschuss-Lehrringen geprüft. Für nicht formstabile Werkstücke sollen nur Lehrringe angewendet werden.<br>• Da sich der Außendurchmesser durch das Gewindeschneiden verändern kann, ist eine Überprüfung nach der Gewindefertigstellung notwendig.<br>• Grundsätzlich soll vor Lehrung des Außengewinde-Flankendurchmessers eine Lehrung oder Prüfung des Außengewinde-Außendurchmessers erfolgen.<br>• Der glatte Gut-Lehrring für den Außengewinde-Außendurchmesser muss sich über die ganze Gewindelänge ohne Anwendung besonderer Kraft schieben lassen.<br>• Der glatte Ausschuss-Lehrring für den Außengewinde-Außendurchmesser darf sich nicht mehr als zwei Steigungen (2 x P), vom Gewindeanfang aus, über das Werkstückgewinde schieben lassen. |

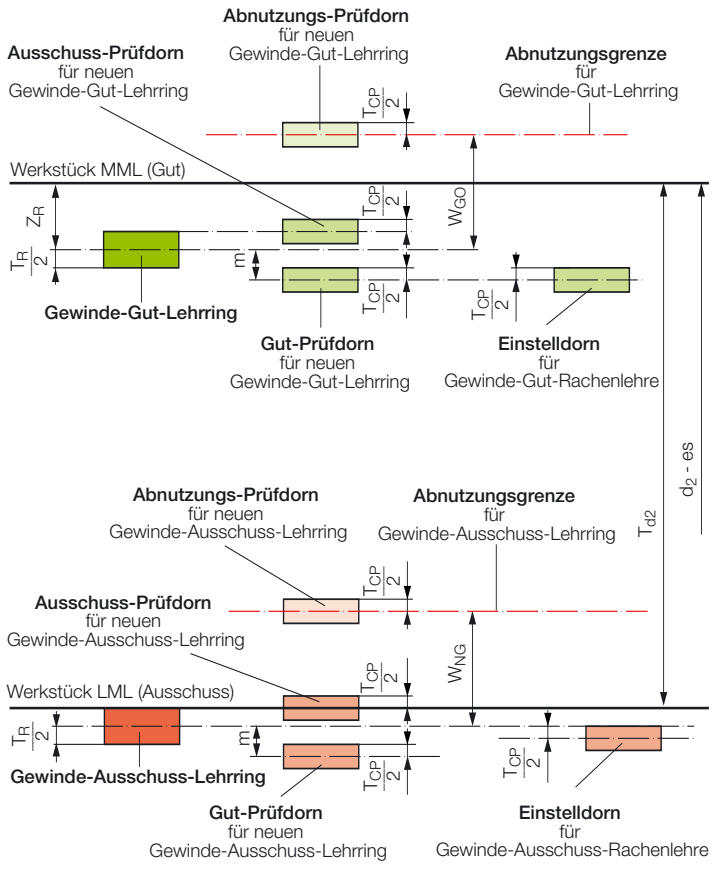
## 12.3 Lage der Herstelltoleranzen für den Flankendurchmesser der Gewindelehren für Metrisches ISO-Gewinde (Auszug aus DIN ISO 1502)

**Schema für die vorher beschriebenen Gewindelehren**

### Toleranzfelder für den Flankendurchmesser der Lehren zum Prüfen des Innengewindes




### Toleranzfelder für den Flankendurchmesser der Lehren zum Prüfen des Außengewindes




| | |
|---|---|
| $T_{D2}$ | Toleranz für den Flankendurchmesser des Werkstück-Innengewindes |
| $T_{d2}$ | Toleranz für den Flankendurchmesser des Werkstück-Außengewindes |
| $T_R$ | Toleranz für den Flankendurchmesser der Lehrringe |
| $T_{CP}$ | Toleranz für den Flankendurchmesser der Prüfdorne, Abnutzungsprüfdorne und Einstelldorne |
| $T_{PL}$ | Toleranz für den Flankendurchmesser der Gewinde-Gut- und -Ausschuss-Lehrdorne |
| $W_{GO}$ | Betrag der zulässigen Abnutzung für Gut-Lehren |
| $W_{NG}$ | Betrag der zulässigen Abnutzung für Ausschuss-Lehren |
| $Z_R$ | Abstand der Gewinde-Gut-Lehrringe vom oberen Werkstückgrenzmaß |
| m | Abstand der Mitten der Toleranzfelder der Toleranz $T_R$ des Gewinde-Lehrringes und $T_{CP}$ des Gewinde-Gut-Prüfdornes |
| $Z_{PL}$ | Abstand der Mitte des Toleranzfeldes der Toleranz $T_{PL}$ des Gewinde-Gut-Lehrdornes vom unteren Grenzmaß des Werkstückgewindes |
| EI | Grundabmaß eines Werkstück-Innengewindes (Null für Toleranzlage H) |
| es | Grundabmaß des Werkstück-Außengewindes (Null für Toleranzlage h) |
| MML | Maximum-Material-Grenze |
| LML | Minimum-Material-Grenze |



**Toleranzen für die Gewindeflankenwinkel β und γ der Gewindelehren**

| Steigung P mm | $T_{\beta 1}$, $T_{\gamma 1}$ 1) | $T_{\beta 2}$, $T_{\gamma 2}$ 2) |
|---|---|---|
| 0,2 | ± 60' | ± 60' |
| 0,25 | ± 48' | ± 48' |
| 0,3 | ± 40' | ± 40' |
| 0,35 | ± 35' | ± 35' |
| 0,4 | ± 31' | ± 31' |
| 0,45 | ± 26' | ± 26' |
| 0,5 | ± 25' | ± 25' |
| 0,6 | ± 21' | ± 21' |
| 0,7 | ± 18' | ± 18' |
| 0,75 | ± 17' | ± 17' |
| 0,8 | ± 16' | ± 16' |
| 1 | ± 15' | ± 16' |
| 1,25 | ± 13' | ± 16' |
| 1,5 | ± 12' | ± 16' |
| 1,75 | ± 11' | ± 16' |
| 2 | ± 10' | ± 14' |
| 2,5 | ± 10' | ± 14' |
| 3 | ± 9' | ± 13' |
| 3,5 | ± 9' | ± 12' |
| 4 | ± 8' | ± 11' |
| 4,5 | ± 8' | ± 11' |
| 5 | ± 8' | ± 11' |
| 5,5 | ± 8' | ± 10' |
| 6 | ± 8' | ± 10' |

1) $T_{\beta 1}$, $T_{\gamma 1}$ = Toleranz für jeden Gewindeflankenwinkel des Profils mit vollen Flanken

2) $T_{\beta 2}$, $T_{\gamma 2}$ = Toleranz für jeden Gewindeflankenwinkel des Profils mit verkürzten Flanken

**Toleranzen und Toleranzfeldabstände für Gewindelehren**

| Toleranz für Werkstückgewinde $T_{d2}$ bzw. $T_{D2}$ über | bis | $T_R$ | $T_{PL}$ | $T_{CP}$ | m | $Z_R$ 1) | $Z_{PL}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| — | 50 | 8 | 6 | 6 | 10 | -4 | 0 |
| 50 | 80 | 10 | 7 | 7 | 12 | -2 | 2 |
| 80 | 125 | 14 | 9 | 8 | 15 | 2 | 6 |
| 125 | 200 | 18 | 11 | 9 | 18 | 8 | 12 |
| 200 | 315 | 23 | 14 | 12 | 22 | 12 | 16 |
| 315 | 500 | 30 | 18 | 15 | 27 | 20 | 24 |
| 500 | 670 | 38 | 22 | 18 | 33 | 28 | 32 |

1) Der Einsatz von Minus-Werten in die Formel ergibt Plus-Werte.

Werte in µm

**Zulässige Abnutzung für den Flankendurchmesser der Gewinde-Gut- und -Ausschuss-Lehrdorne und Gewinde-Gut- und -Ausschuss-Lehrringe (siehe Abbildungen Seite 412)**

| Toleranz für Werkstückgewinde $T_{d2}$ bzw. $T_{D2}$ über | bis | $W_{GO}$ Gewinde-Gut-Lehrring | $W_{GO}$ Gewinde-Gut-Lehrdorn | $W_{NG}$ Gewinde-Ausschuss-Lehrring | $W_{NG}$ Gewinde-Ausschuss-Lehrdorn |
|---|---|---|---|---|---|
| — | 50 | 10 | 8 | 7 | 6 |
| 50 | 80 | 12 | 9,5 | 9 | 7,5 |
| 80 | 125 | 16 | 12,5 | 12 | 9,5 |
| 125 | 200 | 21 | 17,5 | 15 | 11,5 |
| 200 | 315 | 25,5 | 21 | 19,5 | 15 |
| 315 | 500 | 33 | 27 | 25 | 19 |
| 500 | 670 | 41 | 33 | 31 | 23 |

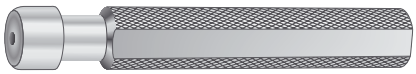
Werte in µm

Literatur-Hinweis: Metrisches ISO-Gewinde, Gewinde-Lehrenmaße, Tabellen, berechnet nach DIN ISO 1502, zu beziehen beim Beuth-Verlag, Berlin.

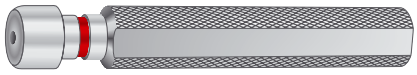
## 12.4 Beschreibung der glatten Lehren

### 12.4.1 Glatte Lehren für Bohrungen nach DIN 7162

Für die Lehrung von Passbohrungen wird der glatte Gut-Lehrdorn und der glatte Ausschuss-Lehrdorn verwendet. Bis Bohrungsdurchmesser 40 mm sind Gut- und Ausschuss-Lehrdorn auf einem Griff montiert und werden als glatter Grenz-Lehrdorn bezeichnet.



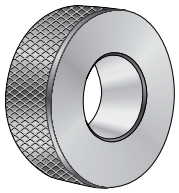
| Glatter Gut-Lehrdorn (Glatt-Gut-LD) | |
|---|---|
| Beschreibung: | • Der glatte Gut-Lehrdorn prüft das Bohrungskleinstmaß einschließlich gewisser Formabweichungen, z.B. Rundheit und Zylindrizität.<br>• Der glatte Gut-Lehrdorn muss sich von Hand ohne Anwendung besonderer Kraft auf die ganze Länge der Bohrung einschieben lassen.<br>• Um eine höhere Verschleißfestigkeit zu erreichen, empfiehlt EMUGE, den glatten Gut-Lehrdorn in hartverchromter Ausführung oder Hartmetall-Ausführung zu verwenden.<br>• Baumaße des glatten Gut-Lehrdornes nach DIN 2246 und DIN 2248. |



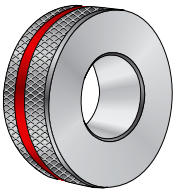
| Glatter Ausschuss-Lehrdorn (Glatt-Aus-LD) | |
|---|---|
| Beschreibung: | • Der glatte Ausschuss-Lehrdorn prüft, ob der Bohrungsdurchmesser das vorgeschriebene Größtmaß überschreitet.<br>• Der glatte Ausschuss-Lehrdorn darf sich von Hand ohne Anwendung besonderer Kraft nicht in die Bohrung einführen lassen.<br>• Der glatte Ausschuss-Lehrdorn ist mit einem roten Farbring markiert.<br>• Baumaße des glatten Ausschuss-Lehrdornes nach DIN 2247 und DIN 2249. |

## 12.4.2 Glatte Lehren für Wellen nach DIN 7162

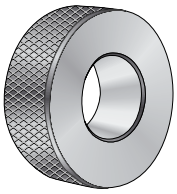
Für die Lehrung von Wellendurchmessern, besonders für leicht verformbare Teile, wird der glatte Gut-Lehrring und der glatte Ausschuss-Lehrring verwendet.



| Glatter Gut-Lehrring (Glatt-Gut-LR) | |
|---|---|
| Beschreibung: | • Der glatte Gut-Lehrring prüft das Wellengrößtmaß einschließlich gewisser Formabweichungen, z.B. Rundlauf und Zylindrizität.<br>• Ein glatter, zylindrischer Gut-Lehrring soll über die ganze Länge mit der Welle gepaart werden können, und zwar von Hand ohne besonderen Kraftaufwand.<br>• Baumaße der glatten Gut-Lehrringe nach DIN 2250 Form G. |



| Glatter Ausschuss-Lehrring (Glatt-Aus-LR) | |
|---|---|
| Beschreibung: | • Der glatte Ausschuss-Lehrring prüft, ob die Welle das vorgeschriebene Wellenkleinstmaß unterschreitet.<br>• Ein glatter, zylindrischer Ausschuss-Lehrring soll nicht mit der Welle gepaart werden können, wenn er von Hand ohne besonderen Kraftaufwand angewendet wird, d.h., er darf sich nicht auf die Welle aufschieben lassen.<br>• Baumaße der glatten Ausschuss-Lehrringe nach DIN 2254. |



| Glatte Einstellringe (Glatt-Einst-LR) | |
|---|---|
| Beschreibung: | Es wird unterschieden zwischen:<br>• Einstellringe für pneumatische Längenmessgeräte nach DIN 2250 Form B<br>und<br>• Einstellringe für Reibahlen und für allgemeine Anwendung nach DIN 2250 Form C. |

## 12.5 Lehrung von Sondergewinden

Gewindelehren für Sondergewinde (Dichtgewinde, Festsitzgewinde, SELF-LOCK-Gewinde, u.a.) weichen oft von der allgemeinen Lehrenform erheblich ab. Sie sind meist auf die spezielle Art und Funktion dieser Gewinde abgestimmt. Ein markantes Beispiel sind die Gewindelehren für Dichtgewinde, z.B. NPT- und NPTF-Gewinde oder Gewinde nach EN 10226 / ISO 7. In solchen Fällen sind die Vorschriften über die Lehrung dieser Gewinde genau zu beachten. Gewindelehren für SELF-LOCK-Gewinde siehe **Kapitel 12.5.4**.

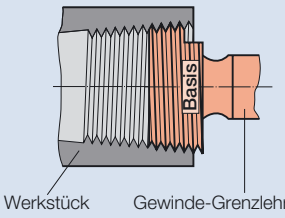
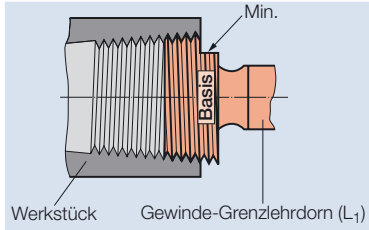
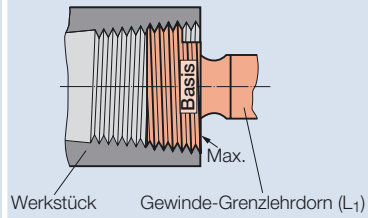
### 12.5.1 Lehrung des amerikanischen NPT-Gewindes nach ANSI/ASME B1.20.1

Beim amerikanischen NPT-Gewinde ist das Innen- und Außengewinde kegelig 1:16. Eine weitere Paarungsvariante ist kegeliges Außengewinde NPT und zylindrisches Innengewinde NPSC. Für diese beiden Paarungsvarianten werden kegelige Gewinde-Grenz-Lehren mit Messstufen, wie abgebildet, empfohlen. Die Toleranz für das NPT-Gewinde ist mit ± 1 Gewindegang festgelegt. Die hier beschriebenen Gewinde-Grenz-Lehren mit Min.- und Max.-Stufen verkörpern diese Grenzen. Diese Lehren prüfen aber nicht unbedingt das Maß der Spitzenabflachung oder den Kegel.
Maßgebend für die Profilabflachung sind deshalb auch die verwendeten Profilwerkzeuge. Profilmaße siehe **Kapitel 15.21**.

**Kegeliger Gewinde-Grenz-Lehrdorn ($L_1$) NPT mit 3 Messstufen (Basis, Min. und Max.) für kegeliges Innengewinde NPT und zylindrisches Innengewinde NPSC**

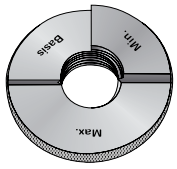


**Lehrung des kegeligen Innengewindes NPT**

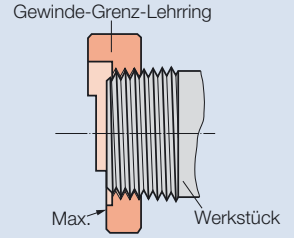
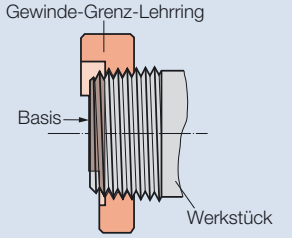
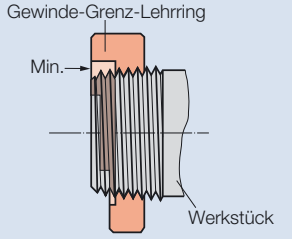
| Nennmaß | Kleinstmaß | Größtmaß |
|---|---|---|
|  |  |  |



**Kegeliger Gewinde-Grenz-Lehrring ($L_1$) NPT mit 3 Messstufen (Min., Basis, Max.) für kegeliges Außengewinde NPT**




**Lehrung des kegeligen Außengewindes NPT**

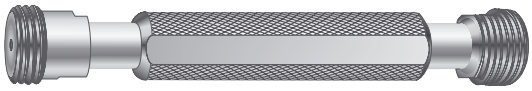
| Größtmaß | Nennmaß | Kleinstmaß |
|---|---|---|
|  |  |  |

## 12.5.2 Lehrung des amerikanischen NPTF-Gewindes nach ANSI B1.20.3

Beim NPTF-Gewinde ist die Lehrung ähnlich wie beim NPT-Gewinde. Dabei ist zu beachten, dass die **Lehrung** des **NPTF-Innengewindes** die Anwendung von zwei Lehrdornen erfordert:

- **$L_1$-Gewinde-Lehrdorn** zur Prüfung des wirksamen Flankendurchmessers der Handeinschraublänge $L_1$ (großer Kegeldurchmesser),
- **$L_3$-Gewinde-Lehrdorn** zur Prüfung des wirksamen Flankendurchmessers über den Rest der voll ausgeschnittenen Gewindelänge (kleiner Kegeldurchmesser) und zur Prüfung des Kegels.

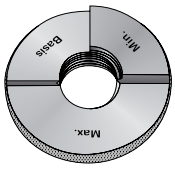
**Kegeliger Gewinde-Grenz-Lehrdorn NPTF, Klasse 1, mit $L_1$- und $L_3$-Lehrdorn**



Das **NPTF-Außengewinde** wird analog mit zwei Lehrringen geprüft:

- **$L_1$-Gewinde-Lehrring** (kleiner Kegeldurchmesser),
- **$L_2$-Gewinde-Lehrring** (großer Kegeldurchmesser). Auf den $L_2$-Gewinde-Lehrring kann verzichtet werden, wenn durch andere Prüfmethoden das gleiche Ergebnis erzielt wird.

**Kegeliger Gewinde-Grenz-Lehrring NPTF, Klasse 1, $L_1$-Lehrring**



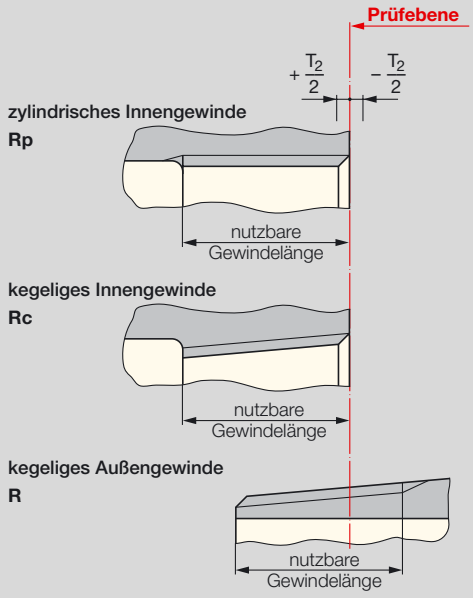
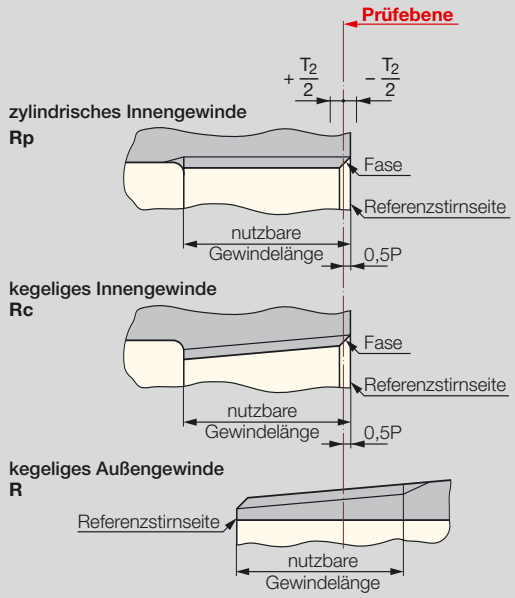

Die Anwendung der vorher genannten Lehrung entspricht der so genannten NPTF-Klasse 1-Prüfung (NPTF-1). Wird die NPTF-Klasse 2-Prüfung (NPTF-2) verlangt, so ist das neue Lehrensystem nach ASME B1.20.5, wie nachstehend beschrieben, komplett anzuwenden. Falls keine Klasse angegeben, gilt NPTF-1.

| Für NPTF-Klasse 2 sind anzuwenden | |
|---|---|
| **für NPTF-Innengewinde** | **für NPTF-Außengewinde** |
| • $L_1$-Gewinde-Lehrdorn (4-Step-Ausführung)<br>• $L_3$-Gewinde-Lehrdorn (4-Step-Ausführung)<br>• Lehrdorn „Crest Check“ (6-Step), zur Prüfung der Gewindespitzen am Kerndurchmesser<br>• Lehrdorn „Root Check“ (6-Step), zur Prüfung des Gewindegrundes am Außendurchmesser | • $L_1$-Gewinde-Lehrring (4-Step-Ausführung)<br>• $L_2$-Gewinde-Lehrring (4-Step-Ausführung)<br>• Lehrring „Crest Check“ (6-Step) zur Prüfung der Gewindespitzen am Außendurchmesser<br>• Lehrring „Root Check“ (6-Step), zur Prüfung des Gewindegrundes am Kerndurchmesser |

## 12.5.3 Das Lehrensystem nach ISO 7-2:2000 und EN 10226-3

Ziel der Normung war, ein **weltweit akzeptiertes Lehrensystem** für das **kegelige Außengewinde R,** das **zylindrische Innengewinde Rp** und das **kegelige Innengewinde Rc** nach ISO 7 zu schaffen. Die bisherige Situation ergab, dass außer dem Lehrensystem nach ISO 7-2:1982 weitere Systeme in Europa (DIN 2999, BS 21, etc.) und Asien existierten, welche zu unterschiedlichen Prüfergebnissen führten. Mit Zunahme des internationalen Handels ist es wichtig, dass Hersteller und Anwender von Fittings und Rohrverschraubungen dasselbe Lehrensystem verwenden, um unnötige Differenzen zu vermeiden. Deshalb hat auch das zuständige CEN-Normengremium beschlossen, das neue Lehrensystem nach ISO 7-2:2000 schnellstmöglich als Euronorm EN 10226-3 herauszugeben, um die Vereinheitlichung auf europäischer Ebene zu beschleunigen.
Bisherige Normen, z.B. die deutsche Norm DIN 2999, die englische Norm BS 21, die französische Norm NF-E-03-165 und die italienische Norm UNI ISO 7-2/1984 sind dann von der Umstellung betroffen. Alle Anwender in Europa werden sich somit sehr schnell auf das neue Lehrensystem einstellen müssen.

**Whitworth-Rohrdichtgewinde**

| **nach bisherigen Normen**<br>DIN 2999, NF-E-03-004, BS 21, etc. | **nach neuen Normen**<br>EN 10226-1 und EN 10226-2 |
|---|---|
| ISO 7-1:1982<br>UNI-ISO 7 Parte 1 (1984) | ISO 7-1:1994 |
|  |  |



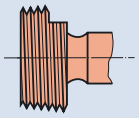
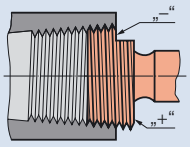
Der maßgebende Unterschied gegenüber den in Europa angewandten Normen für das Whitworth-Rohrdichtgewinde ist die Verschiebung der Prüfebene um 0,5 x P. Die Auswirkung der Fase (Senkung) beim Innengewinde ist dadurch berücksichtigt.
Diese Änderung wurde bereits in ISO 7-1:1994 eingearbeitet, konnte jedoch durch die fehlende Lehrennorm nicht umgesetzt werden. Mit den Euronormen EN 10226-1 und -2 wird in Europa die Übernahme der ISO 7-1:1994 forciert. Die deutschen Normen DIN EN 10226-1 und -2 werden beim DIN (NATG-B) bereits vorbereitet.

**Wichtiger Hinweis:** In die EN 10226 wird der Vollständigkeit wegen auch das kegelige Innengewinde Rc aufgenommen. Die Vorzugspaarung ist jedoch weiterhin zylindrisches Innengewinde Rp und kegeliges Außengewinde R, wie bisher in DIN 2999 festgelegt!

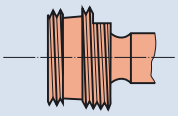
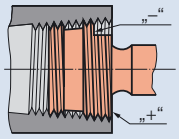
### 12.5.3.1 Gewinde-Arbeitslehren nach ISO 7-2:2000

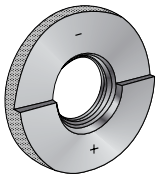
Gewinde-Arbeitslehren sind sogenannte Gewinde-Grenz-Lehren und haben Toleranzstufen (mit „+“ bzw. „–“ gekennzeichnet), um die Höchst- und Mindestmaße des Gewindes zu erfassen.
Die Prüfverfahren sind in den Normen ISO 7-2:2000 und (DIN) EN 10226-3 beschrieben.



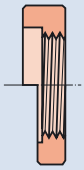
| Kegeliger Gewinde-Grenz-Lehrdorn | Lehre Nr. 1 |
|---|---|
|  | • Der kegelige Gewinde-Grenz-Lehrdorn (1) lehrt das zylindrische Innengewinde Rp und das kegelige Innengewinde Rc.<br>• Gelehrt wird der Flankendurchmesser zusammen mit dem Außendurchmesser in der Prüfebene (siehe Abbildung Seite 418). |
|  | • Das Innengewinde Rp oder Rc (Stirnseite) schließt mit der Toleranzstufe „–“ ab.<br>• Das Gewinde ist am Mindestmaß. |



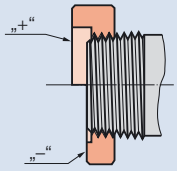
| Kegeliger Gewinde-Grenz-Lehrdorn mit Gewindeaussparung | Lehre Nr. 2 |
|---|---|
|  | • Der kegelige Gewinde-Grenz-Lehrdorn mit Gewindeaussparung (2) lehrt das zylindrische Innengewinde Rp und das kegelige Innengewinde Rc in der Prüfebene (Abbildung Seite 418) und zusätzlich die Einschraublänge und ist somit eine Ergänzung zur Lehre Nr. 1.<br>• Die Gewindeaussparung soll den Einfluss der Gewindesteigungsfehler auf die Lehrung reduzieren.<br>• Die Lehre Nr. 2 darf entfallen, wenn sichergestellt ist, dass eine ausreichende Einschraublänge vorhanden ist. |
|  | • Das Innengewinde Rp oder Rc (Stirnseite) schließt mit der Toleranzstufe „+“ ab.<br>• Das Gewinde ist am Höchstmaß.<br>• Eine ausreichende Einschraublänge ist vorhanden. |



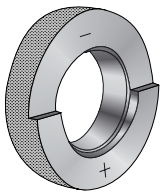
## Zylindrischer Gewinde-Grenz-Lehrring — Lehre Nr. 3



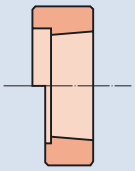
- Der zylindrische Gewinde-Grenz-Lehrring (3) lehrt das kegelige Außengewinde R in der Prüfebene (siehe Abbildung Seite 418).
- Gelehrt wird der Flankendurchmesser zusammen mit dem Kerndurchmesser in der Prüfebene.
- Da das Lehrengewinde zylindrisch ist, können Abweichungen im Kegel das Prüfergebnis kaum beeinflussen.
- Der Kegel soll mit anderen Mitteln sichergestellt werden.



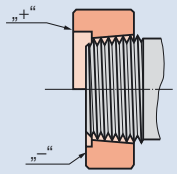

- Das kegelige Außengewinde R schließt mit der Toleranzstufe „–“ ab.
- Das Gewinde ist am Höchstmaß.



## Glatter kegeliger Grenz-Lehrring — Lehre Nr. 4



- Der glatte kegelige Grenz-Lehrring (4) lehrt den Gewinde-Außendurchmesser des kegeligen Außengewindes R auf Lehrenlänge.
- Das Vorarbeitsmaß des Außendurchmessers ist mit der Lehre Nr. 4 bereits zu lehren.



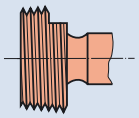

- Das kegelige Außengewinde R schließt mit der Toleranzstufe „–“ des glatten Lehrrings ab.
- Der Gewinde-Außendurchmesser ist am Höchstmaß.

### 12.5.3.2 Gewinde-Prüflehren nach ISO 7-2:2000

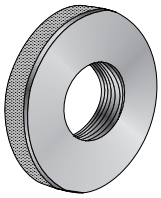
Für die Anwendung der Gewinde-Prüflehren sind die Normen ISO 7-2:2000 bzw. (DIN) EN 10226-3 zu beachten!



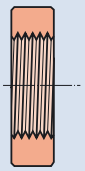
**Kegeliger Gewinde-Prüfdorn mit verkürzten Flanken** — **Lehre Nr. 5**



- Der kegelige Gewinde-Prüfdorn mit verkürzten Flanken (5) prüft den zylindrischen Gewinde-Grenz-Lehrring (Lehre Nr. 3) im Neuzustand und auf Abnutzung nach Gebrauch.



**Zylindrischer Gewinde-Prüfring mit verkürzten Flanken** — **Lehre Nr. 6**



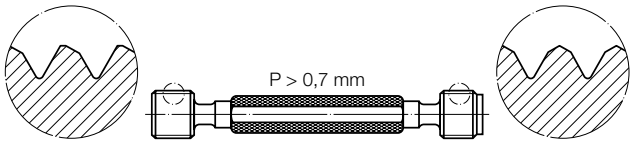
- Der zylindrische Gewinde-Prüfring mit verkürzten Flanken (6) prüft die kegeligen Gewinde-Grenz-Lehrdorne (Lehren Nr. 1 und Nr. 2) im Neuzustand und auf Abnutzung nach Gebrauch.
- Die Anwendung dieser Prüfringe ist zu vereinbaren, da Gewinde-Lehrdorne in der Regel durch anzeigendes Messen geprüft werden.

**Hinweis:** Zur sicheren Anwendung sind die Gewindelehren, außer den üblichen Angaben, mit der Lehren-Nummer beschriftet.

### 12.5.4 Lehrung des EMUGE-SELF-LOCK-Gewindes

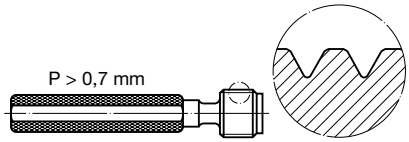
Hier empfiehlt sich das zweiteilige Lehrensystem von EMUGE, das der gängigen Praxis der **Gut-** und **Ausschuss-Lehre** entspricht und für die Gewindeprüfung ausreicht, wenn sichergestellt ist, dass das SELF-LOCK-Gewinde mit profilgetreuen EMUGE-Gewindebohrern hergestellt wurde.
Es gibt keine allgemein gültige Norm (z.B. DIN-Norm) über das EMUGE-SELF-LOCK-Gewinde. Andere Werkzeughersteller könnten daher mit anderen Gewinde-Grenzmaßen arbeiten. Deshalb ist es empfehlenswert, EMUGE-SELF-LOCK-Gewinde ausschließlich mit EMUGE-SELF-LOCK-Gewindelehren zu prüfen.
Beim Gut-Lehrdorn ist auf die richtige Einschraubseite (BT, TT siehe **Kapitel 8.7**) zu achten. Die Ausschussseite ist für beide Einschraubrichtungen geeignet.

**Grenz-Lehrdorn für das EMUGE-SELF-LOCK-Gewinde**



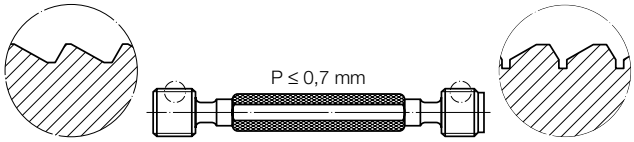

Werden Strehler oder Gewindefräser eingesetzt, ist die zusätzliche Verwendung der EMUGE-HRPG-Lehre empfehlenswert. Diese prüft den unteren Rampenpunkt, bzw. eventuelle Rampenwinkelfehler.

**HRPG-Ausschuss-Lehrdorn für das EMUGE-SELF-LOCK-Gewinde**




Die Lehrung des Sägezahn-Profils beruht auf dem gleichen Prinzip, jedoch ist bei Gut- und Ausschuss-Lehrdorn auf die richtige Einschraubseite (BT, TT) zu achten.

**Grenz-Lehrdorn für das EMUGE-SELF-LOCK-Sägezahn-Gewinde**



# Gewindewalzen



13

Seite


**13.1 Übersicht . . . . . 424**

**13.2 Kurzbeschreibung der EMUGE-Walzrollen . . . 425**

13.2.1 Einstechverfahren . . . . . 425
13.2.2 Automatisches Walzen auf Auflagelineal . . . . . 425
13.2.3 Automatisches Walzen im Rundlineal . . . . . 426
13.2.4 Automatisches Walzen mit Innensegment . . . . . 426
13.2.5 Durchlaufverfahren mit korrigierten Steigungsrollen . . . . . 427
13.2.6 Durchlaufverfahren mit teilkorrigierten Steigungsrollen . . . . . 428
13.2.7 Durchlaufverfahren mit steigungslosen Rillenrollen . . . . . 429
13.2.8 Profilwalzen mit Verzahnungswalzen . . . . . 430
13.2.9 Pendelwalzverfahren . . . . . 430
13.2.10 Profilwalzen mit Axial-Rollkopf . . . . . 431
13.2.11 Profilwalzen mit Tangential-Rollkopf . . . . . 431
13.2.12 Profilwalzen mit Radial-Rollkopf . . . . . 432

**13.3 Nomenklatur . . . . . 433**

13.3.1 Benennungen und Definitionen an Walzrollen . . . . . 433
13.3.2 Technische Lieferbedingungen . . . . . 433

**13.4 Verfahrensspezifische Hinweise . . . . . 435**

13.4.1 Der Gewindewalzvorgang . . . . . 435
13.4.2 Anwendungsbereich . . . . . 435
13.4.2.1 Einteilung der Werkstoffe . . . . . 435
13.4.2.2 Walzbarkeit verschiedener Werkstoffe . . . . . 436
13.4.2.3 Walzbarkeit von Profilen . . . . . 438
13.4.2.4 Schmierung . . . . . 438
13.4.3 Vorarbeit der Rohlinge . . . . . 439
13.4.3.1 Vorarbeitsdurchmesser . . . . . 439
13.4.3.2 Gestaltung der Rohlinge . . . . . 442

**13.5 Hinweise zur Geometrie von Walzrollen . . . . . 443**

13.5.1 Bestimmung des Walzrollen-Außendurchmessers . . . . . 443
13.5.2 Anfasung und Verrundung der Gewindeeinläufe von Walzwerkzeugen . . . . . 443
13.5.3 Rollen von Gewinden im Durchlaufverfahren . . . . . 444
13.5.4 Rollen von Schnecken und ähnlichen Profilen . . . . . 444
13.5.5 Rollen von Gewinden auf Hohlkörper . . . . . 445
13.5.6 Gleichzeitiges Rollen von zwei verschiedenen Gewinden an einem Werkstück . . . . . 445
13.5.7 Rollen von konischen Gewinden . . . . . 446
13.5.8 Prägepolieren und Glätten mit Gewinderollmaschinen . . . . . 447

**13.6 Fehler, Ursachen und Abhilfe . . . . . 447**

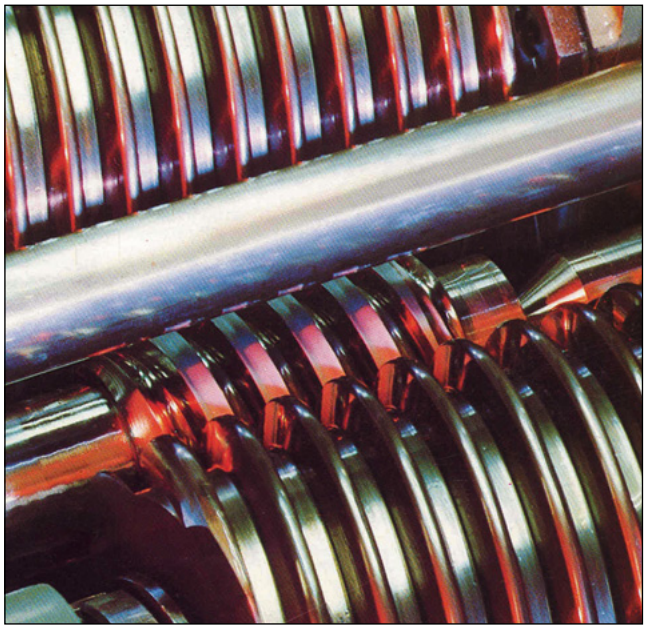


# Gewindewalzen

## 13.1 Übersicht

**Verfahrensmerkmale:**

- spanloses Verfahren
- Außenbearbeitung
- Erzeugung der Profilkonturen durch Materialverdrängung
- Walzen-Grundwerkstoff ist hochlegierter Werkzeugstahl



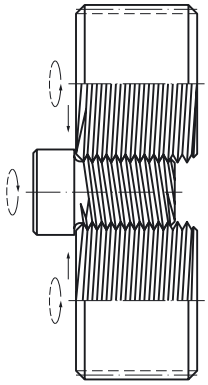
**Voraussetzungen:**

- Werkstoffe mit einer Bruchdehnung ≥ 8%
- Speziell abgestimmte Vorarbeitsdurchmesser der Rohlinge zum Walzen erforderlich

| Vorteile | Nachteile |
|---|---|
| • rollglatte Oberflächen durch Gefügeverdichtung<br>• Oberflächengüte $R_a$ 0,2 am gewalzten Profil<br>• höhere Korrosionsbeständigkeit durch kleinere Reaktionsflächen<br>• ununterbrochener Faserverlauf<br>• erhöhte statische und dynamische Festigkeit des Profils<br>• hohe Form- und Maßgenauigkeit<br>• erhebliche Werkstoffersparnis, da nicht vom Außendurchmesser des Werkstücks, sondern vom Flanken- bzw. Vorarbeitsdurchmesser ausgegangen wird<br>• kurze Bearbeitungsdauer | • nicht vollständig ausgeformter Außendurchmesser<br>• Spezialmaschinen erforderlich |

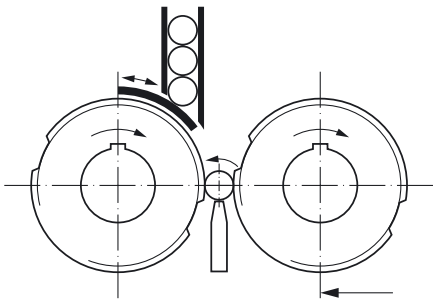
## 13.2 Kurzbeschreibung der EMUGE-Walzrollen

### 13.2.1 Einstechverfahren



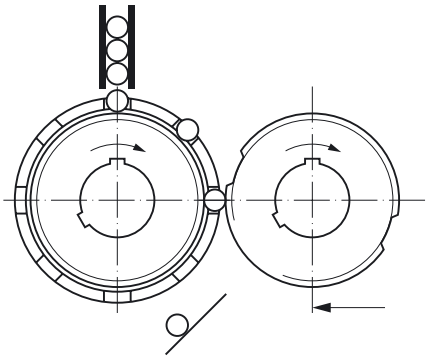
| | |
|---|---|
| Beschreibung: | • Werkstückrohling wird zwischen die geöffneten Walzwerkzeuge gelegt bzw. gestoßen<br>• Werkstück ruht auf einem Auflagelineal oder in einer Spitzenrollvorrichtung<br>• Walzen rotieren synchron mit gleichem Drehsinn<br>• Walzen werden radial zusammengeführt und üben somit Reibdruck auf das Werkstück aus<br>• Werkstück rotiert mit den Walzrollen<br>• beim Zusammenfahren wird das Profil der Walzen auf das Werkstück übertragen |
| Vorteile: | • hohe Steigungs- und Profilgenauigkeit<br>• kurze Bearbeitungsdauer |
| Kennzeichen: | • Werkstück bleibt bis auf geringe Ausgleichsbewegungen axial ruhig liegen<br>• Rollenbreite ist die maximal mögliche Länge des Gewindes<br>• Walzwerkzeuge weisen gleichen Steigungswinkel wie das Werkstück auf<br>• Steigungsrichtung der Walzwerkzeuge ist entgegengesetzt zum Werkstück |

### 13.2.2 Automatisches Walzen auf Auflagelineal



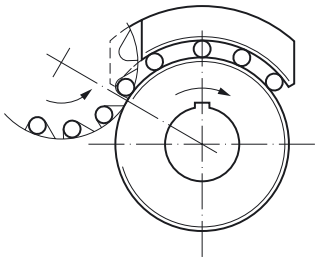
| | |
|---|---|
| Beschreibung: | • Werkstück ruht auf flachem Auflagelineal<br>• Walzwerkzeuge gemäß Skizze Zweifach-Segment-Gewinderollen<br>• Aussparung dient zur Werkstückzuführung<br>• Walzen rotieren synchron mit gleichem Drehsinn<br>• Segment unterteilt sich in Eindring-, Kalibrier- und Auslaufbereich<br>• beim Zusammenfahren wird das Profil der Walzen auf das Werkstück übertragen |
| Vorteile: | • hohe Steigungs- und Profilgenauigkeit<br>• kurze Bearbeitungsdauer<br>• zwei Werkstücke pro Umdrehung werden gewalzt |
| Kennzeichen: | • Werkstück bleibt bis auf geringe Ausgleichsbewegungen axial ruhig liegen<br>• Rollenbreite ist die maximal mögliche Länge des Gewindes<br>• Walzwerkzeuge weisen gleichen Steigungswinkel wie das Werkstück auf<br>• Steigungsrichtung der Walzwerkzeuge ist entgegengesetzt zum Werkstück<br>• wegen automatischer Zuführung der Werkstücke erst ab Ø 6 mm empfehlenswert |

### 13.2.3 Automatisches Walzen im Rundlineal



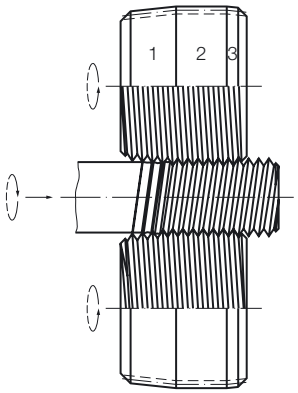
| | |
|---|---|
| Beschreibung: | • Werkstückrohling ruht im Aufnahmeschlitz des Rundlineals (Werkstückkäfig)<br>• Walzwerkzeug besteht aus einer Rundrolle und einer Zweifach-Segment-Gewinderolle<br>• Aussparung dient zur Werkstück-Zu- und Abführung<br>• Segment unterteilt sich in Eindring-, Kalibrier- und Auslaufbereich<br>• Walzen rotieren synchron mit gleichem Drehsinn<br>• Walzen werden radial zusammengeführt und üben somit Reibdruck auf das Werkstück aus<br>• Werkstück rotiert mit den Walzrollen<br>• beim Zusammenfahren wird das Profil der Walzen auf das Werkstück übertragen |
| Vorteile: | • hohe Steigungs- und Profilgenauigkeit<br>• kurze Bearbeitungsdauer<br>• zwei Werkstücke pro Umdrehung werden gewalzt |
| Kennzeichen: | • Werkstück bleibt bis auf geringe Ausgleichsbewegungen axial ruhig liegen<br>• Rollenbreite ist die maximal mögliche Länge des Gewindes<br>• Walzwerkzeuge weisen gleichen Steigungswinkel wie das Werkstück auf<br>• Steigungsrichtung der Walzwerkzeuge ist entgegengesetzt zum Werkstück<br>• auch für kleine Werkstückdurchmesser einsetzbar |

### 13.2.4 Automatisches Walzen mit Innensegment



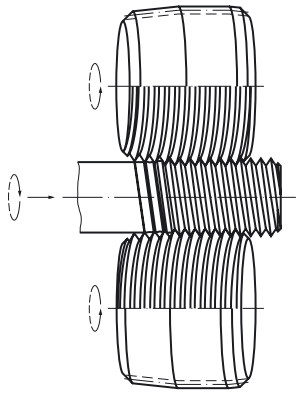
| | |
|---|---|
| Beschreibung: | • Werkstück wickelt sich zwischen Innensegment und Rundwalzrolle ab<br>• Rundrolle wird angetrieben, Segment steht starr<br>• Walzwerkzeug besteht aus einer Rundrolle und einem Innengewindesegment<br>• mehrere Werkstücke sind gleichzeitig im Eingriff |
| Vorteile: | • hohe Steigungs- und Profilgenauigkeit<br>• kurze Bearbeitungsdauer<br>• hohe Wirtschaftlichkeit, Ausstoß 600-1200 Stück pro Minute |
| Kennzeichen: | • Rollenbreite ist die maximal mögliche Länge des Gewindes<br>• Walzwerkzeuge weisen gleichen Steigungswinkel wie das Werkstück auf<br>• Steigungsrichtung der Walzwerkzeuge ist entgegengesetzt zum Werkstück<br>• Spezialwalzmaschine erforderlich |

### 13.2.5 Durchlaufverfahren mit korrigierten Steigungsrollen



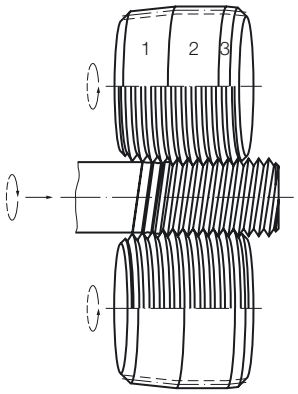

| | |
|---|---|
| Beschreibung: | • Werkstückrohling walzt sich durch das Walzenpaar hindurch<br>• Walzwerkzeug besteht aus drei Umformbereichen: Einlaufkegel (1), Kalibrierbereich (2) und Auslaufkegel (3)<br>• Einlaufkegel (1) formt kontinuierlich das Material bis zur vollen Profilhöhe auf<br>• Kalibrierbereich (2) führt und egalisiert das fertig aufgeformte Profil auf 8-10 Gänge<br>• Auslaufkegel (3) dient zur übergangslosen Entlastung der fertigen Gewindespindel<br>• Walzen rotieren synchron mit gleichem Drehsinn<br>• Walzen werden radial zusammengeführt und üben somit Reibdruck auf das Werkstück aus, axialer Transport der Gewindespindel erfolgt ab dem Berührungszeitpunkt |
| Vorteile: | • Walzen auch langer Gewindestangen möglich<br>• Einsatz auf Walzmaschinen mit starren Achsen möglich |
| Kennzeichen: | • Werkstück rotiert und bewegt sich axial vorwärts<br>• Rollenbreite ist von der zu erzeugenden Steigung abhängig und wird konstruktiv ermittelt<br>• Walzwerkzeuge weisen konstruktiv geringfügig unterschiedliche Steigungswinkel gegenüber dem Werkstück auf<br>• Steigungsrichtung der Walzwerkzeuge ist entgegengesetzt zum Werkstück<br>• die Achsen der Walzspindel und des Werkstücks laufen parallel zueinander |

### 13.2.6 Durchlaufverfahren mit teilkorrigierten Steigungsrollen



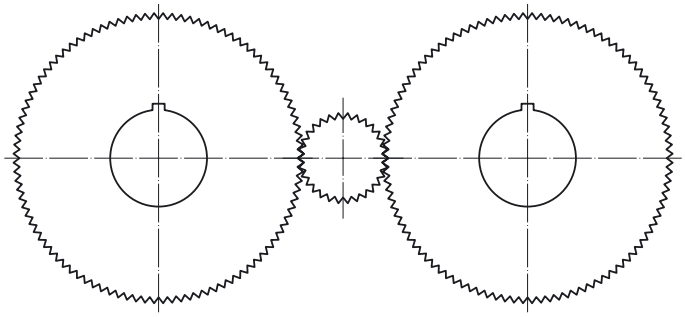
| | |
|---|---|
| Beschreibung: | • wie bei Durchlaufverfahren mit korrigierten Steigungsrollen<br>• Werkzeuge erhalten eine konstruktiv ermittelte Winkeldifferenz, welche auf der Walzmaschine eingestellt werden muss |
| Vorteile: | • Walzen auch langer Gewindestangen möglich<br>• gute Steigungsgenauigkeit erzielbar mit Abweichungen unter 0,1 mm auf 300 mm Messlänge |
| Kennzeichen: | • Werkstück rotiert und bewegt sich axial vorwärts<br>• Rollenbreite ist von der zu erzeugenden Steigung abhängig und wird konstruktiv ermittelt<br>• Walzwerkzeuge weisen konstruktiv bedingt unterschiedliche Steigungswinkel gegenüber dem Werkstück auf<br>• die Achsen der Walzmaschine müssen entsprechend dem konstruktiv ermittelten Einstellwinkel geschwenkt werden<br>• Steigungsrichtung der Walzwerkzeuge ist entgegengesetzt zum Werkstück |

### 13.2.7 Durchlaufverfahren mit steigungslosen Rillenrollen



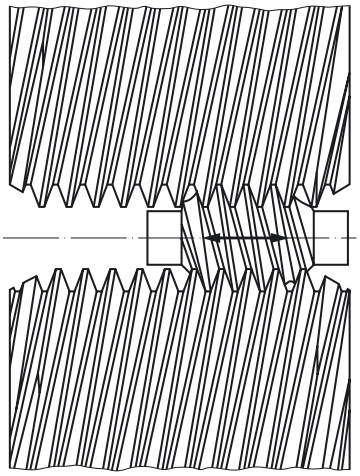

| | |
|---|---|
| Beschreibung: | • Walzwerkzeuge weisen am Umfang steigungslose Rillen auf<br>• Walzwerkzeuge müssen um die horizontale Querachse um den Werkstücksteigungswinkel geschwenkt werden<br>• Walzwerkzeug besteht aus drei Umformbereichen: Einlaufkegel (1), Kalibrierbereich (2) und Auslaufkegel (3)<br>• Einlaufkegel (1) formt kontinuierlich das Material bis zur vollen Profilhöhe auf<br>• Kalibrierbereich (2) führt und egalisiert das fertig aufgeformte Profil auf 8-10 Gängen<br>• Auslaufkegel (3) dient zur übergangslosen Entlastung der fertigen Gewindespindel<br>• Werkstückrohling walzt sich durch das Walzenpaar hindurch<br>• Walzen rotieren synchron mit gleichem Drehsinn<br>• Walzen werden radial zusammengeführt und üben somit Reibdruck auf das Werkstück aus, axialer Transport der Gewindespindel erfolgt ab dem Berührungszeitpunkt<br>• axialer Transport beträgt bei einer Werkstückumdrehung einmal die Steigung |
| Vorteile: | • Einsatz beim Walzen langer Gewindestangen<br>• wirtschaftliches Verfahren<br>• mit einem Rollenpaar kann Rechts- und Linksgewinde erzeugt werden<br>• mit einem Rollenpaar können unterschiedliche Werkstückdurchmesser erzeugt werden |
| Kennzeichen: | • Werkstück rotiert und bewegt sich axial mit großem Vorschub vorwärts<br>• Rollenbreite ist von der zu erzeugenden Steigung abhängig und wird konstruktiv ermittelt<br>• die Walzmaschinenachsen müssen entsprechend dem Steigungswinkel des Werkstücks schwenkbar sein |

## 13.2.8 Profilwalzen mit Verzahnungswalzen



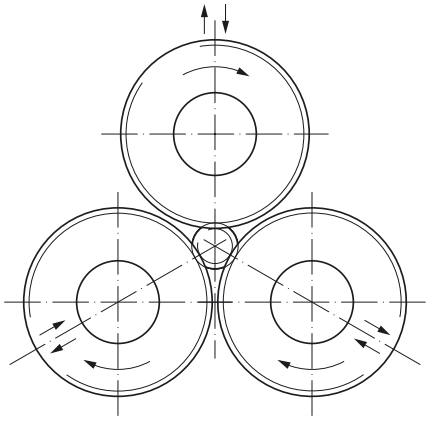
| | |
|---|---|
| Beschreibung: | • Erzeugung von:<br>· Rändel- und Kordelwerkzeugen nach DIN 82<br>· Kerbverzahnungswalzen nach DIN 5481<br>· Schiebe- und Steckverzahnungen für Antriebswellen<br>· Sonderverzahnungen nach Kundenangaben<br>• Einstech- und Durchlaufverfahren sind möglich |
| Vorteile: | • geringer Materialbedarf<br>• spanloses Verfahren |
| Kennzeichen: | • Werkstück rotiert angetrieben durch die Werkzeuge |

## 13.2.9 Pendelwalzverfahren



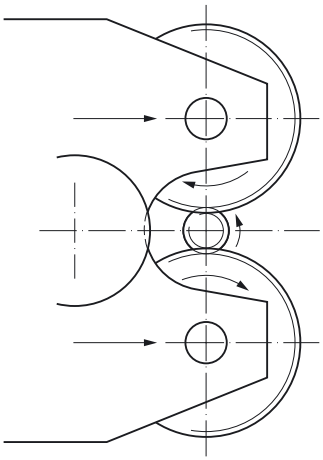
| | |
|---|---|
| Beschreibung: | • Walzwerkzeuge zum Erzeugen von sehr tiefen Profilen, z.B. Antriebsschnecken<br>• kombiniertes Einstech- und Durchlaufverfahren<br>• Walzwerkzeuge weisen 2-3fache Breite gegenüber des zu walzenden Werkstücks auf<br>• Werkstück wandert während des Walzens bis an das entgegengesetzte Ende der Walzwerkzeuge<br>• eine Schwelldruckeinrichtung senkt den Walzdruck und die Drehrichtung der Werkzeuge wird geändert<br>• Werkstück wandert nun nach Wiedereinsetzen des Walzdruckes in die entgegengesetzte Richtung<br>• dieser Vorgang wird solange wiederholt, bis die Profiltiefe erreicht ist und das Werkstück sich dann axial nicht mehr bewegt |
| Vorteile: | • Walzen von sehr tiefen Profilen möglich<br>• spanloses Verfahren<br>• geringer Materialbedarf, da vom Flanken- bzw. Vorarbeitsdurchmesser ausgegangen wird |
| Kennzeichen: | • Werkstück rotiert und bewegt sich axial hin und her<br>• die Achsen der Walzspindel und des Werkstücks stehen parallel<br>• Walzmaschine mit Schwelldruckeinrichtung oder CNC-Steuerung nötig |

### 13.2.10 Profilwalzen mit Axial-Rollkopf



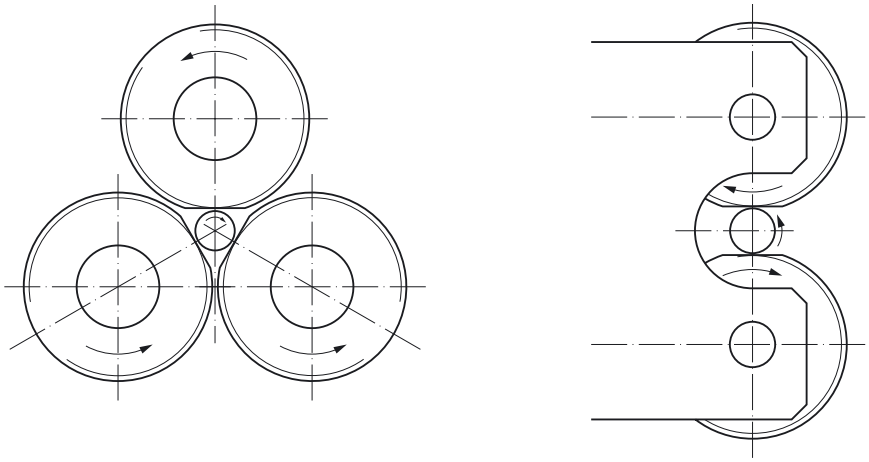
| | |
|---|---|
| Beschreibung: | • entspricht dem Durchlaufverfahren mit steigungslosen Rillenrollen<br>• Walzrollen sind nicht angetrieben und werden über Reibschluss mit dem Werkstück in Rotation gebracht<br>• Walzwerkzeug besteht aus drei oder mehr Profilrollen<br>• Jede Rolle wird entsprechend dem Gewindesteigungswinkel zur Werkstückachse geschwenkt<br>• Walzwerkzeug besteht aus drei Umformbereichen: Einlaufkegel, Kalibrierbereich und Auslaufkegel |
| Vorteile: | • spanloses Verfahren mit geringem Materialbedarf<br>• Walzen langer Gewindestangen möglich<br>• ein Rollensatz kann verschiedene Werkstückdurchmesser erzeugen<br>• Einsatz auf Werkzeugmaschinen möglich |
| Kennzeichen: | • je nach Werkzeugmaschine können Rollkopf als auch Werkstück angetrieben werden |

### 13.2.11 Profilwalzen mit Tangential-Rollkopf



| | |
|---|---|
| Beschreibung: | • entspricht im Allgemeinen dem Einstechverfahren<br>• Profilrollenpaar ist senkrecht übereinander angeordnet<br>• Vorschub drückt die Walzrollen über das rotierende Werkstück<br>• Rollvorgang ist beendet, wenn die Werkzeugmittellinie und die Werkstückmitte übereinstimmten |
| Vorteile: | • Einsatz auf Drehmaschinen mit automatischen Vorschubeinrichtungen (z.B. hydraulisch- oder kurvengesteuerte Drehautomaten)<br>• für Gewinde mit kurzem Auslauf oder dicht unter einem Schraubenkopf |
| Kennzeichen: | • Rollenbreite entspricht maximal möglicher Gewindelänge<br>• Walzwerkzeuge weisen gleichen Steigungswinkel wie das Werkstück auf<br>• Steigungsrichtung der Walzwerkzeuge ist entgegengesetzt zum Werkstück |

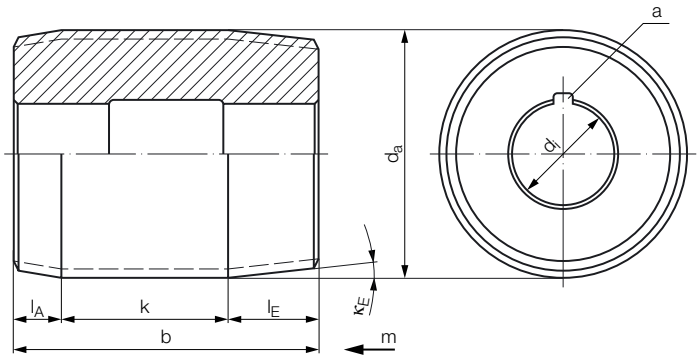
### 13.2.12 Profilwalzen mit Radial-Rollkopf



| | |
|---|---|
| Beschreibung: | • entspricht im Allgemeinen dem Einstechverfahren<br>• Profilrollenpaar ist senkrecht übereinander angeordnet<br>• Rollen haben eine angeschliffene Fläche zum Ein- und Ausfahren des Rollkopfes<br>• Walzwerkzeuge sind über Federdruck vorgespannt und werden mittels eines Hebels ausgelöst<br>• Gewinde ist nach einer Umdrehung fertig gestellt, gleichzeitig werden die Walzwerkzeuge für das nächste Werkstück wieder vorgespannt |
| Vorteile: | • Einsatz auf Drehmaschinen möglich<br>• für Gewinde mit kurzem Auslauf oder dicht unter einem Schraubenkopf |
| Kennzeichen: | • Rollenbreite entspricht maximal möglicher Gewindelänge<br>• Walzwerkzeuge weisen gleichen Steigungswinkel wie das Werkstück auf<br>• Steigungsrichtung der Walzwerkzeuge ist entgegengesetzt zum Werkstück |

## 13.3 Nomenklatur

### 13.3.1 Benennungen und Definitionen an Walzrollen




| Symbol | Benennung |
|---|---|
| $d_a$ | Rollen-Außendurchmesser |
| $d_i$ | Bohrungsdurchmesser |
| b | Rollenbreite |
| a | Mitnahme |

| Symbol | Benennung |
|---|---|
| $l_E$ | Einlauflänge |
| $l_A$ | Auslauflänge |
| k | Kalibrierteil |
| m | Durchlaufrichtung |
| $\kappa_E$ | Einlaufkegelwinkel |

### 13.3.2 Technische Lieferbedingungen

Zur Beschreibung der EMUGE-Walzrollen werden folgende Angaben gemacht:

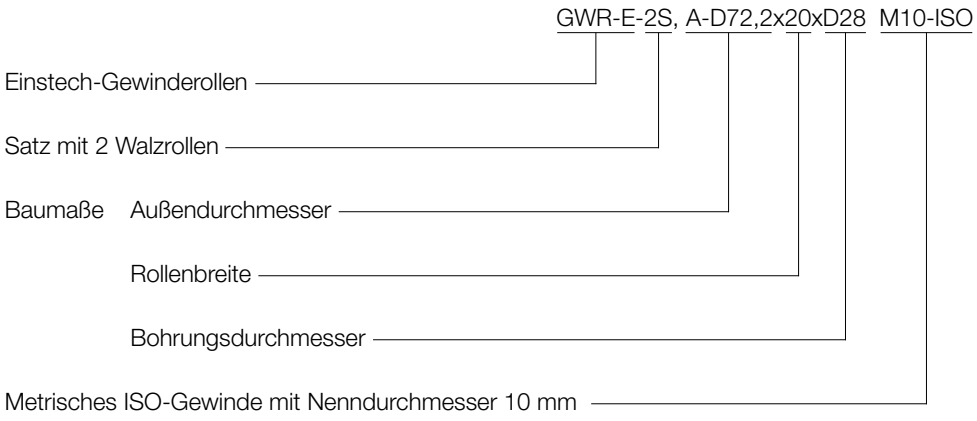
| Merkmal | Kurz-bezeichnung | Bezeichnung | Beschreibung |
|---|---|---|---|
| Werkzeugart | GWR - E | Einstech-Gewinderollen | |
| | GWR - DLV | Durchlauf-Gewinderollen | |
| | GWR - RR | Rillenrollen | |
| | GWR - AMS | Automatik-Gewinderollen | |
| | Segment - GWR | Automatik-Segment-Gewinderollen | |
| | GR | Gewinderollen (Rundrollen) | |
| | WR - KV | Verzahnungs-Walzrollen | |
| Rollen pro Satz | 1S | Satz beinhaltet 1 Rolle | |
| | 2S | Satz beinhaltet 2 Rollen | |
| | 3S | Satz beinhaltet 3 Rollen | |
| | 4S | Satz beinhaltet 4 Rollen | |
| | DS | Doppelsatz | |
| Baumaße | $d_a$ x b x $d_i$ | Rollenabmessungen | A-D170,3x60xD69,85 |
| Gewindeabmessungen | M-ISO, P = … | Steigung mit Gewindebezeichnung<br>ISO = Metrisches Gewinde<br>UN = Amerikan. Unified-Gewinde | bei RR |
| | M…; UNC… | Gewindebezeichnung<br>mit Gewindenennmaß | bei E, DLV, AMS |

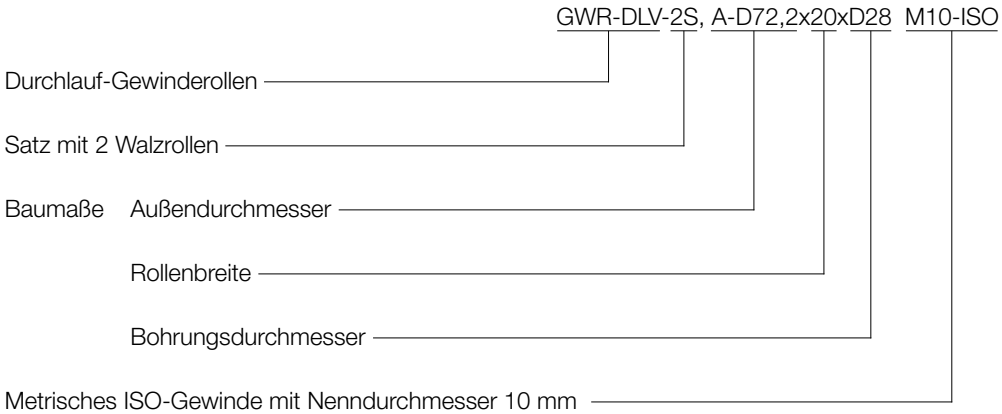
Die Kurzbezeichnungen werden, je nach Zweckmäßigkeit, in der Bezeichnung aufgeführt.

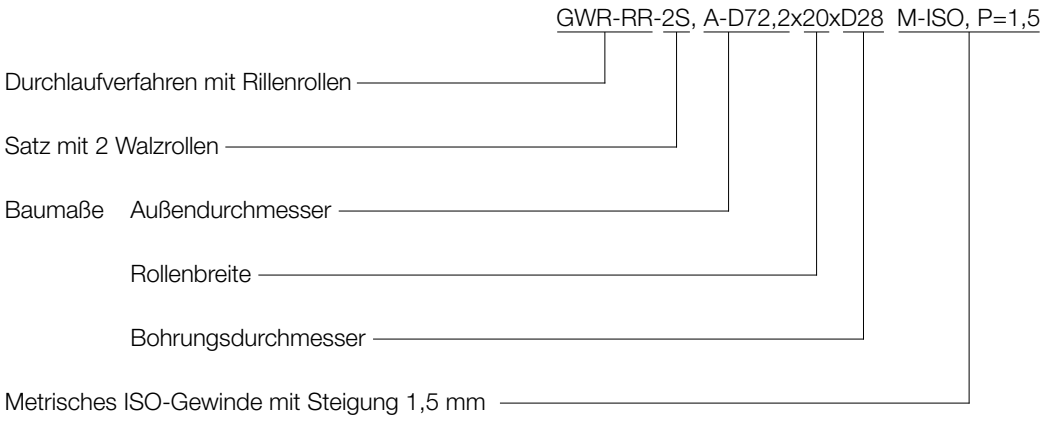


# Gewindewalzen

## Bezeichnungsbeispiele



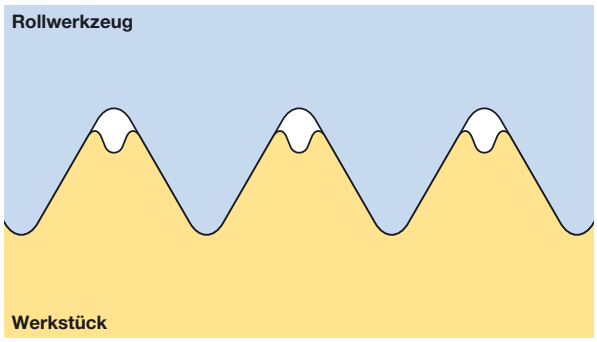



## 13.4 Verfahrensspezifische Hinweise

### 13.4.1 Der Gewindewalzvorgang

Beim Profilwalzen wird die Profilkontur, z.B. ein Gewinde, spanlos hergestellt. Die Profilform der Walzen weist das Negativprofil der zu walzenden Werkstücke auf. Nachdem die Walzwerkzeuge in Rotation versetzt und mit Druck beaufschlagt werden, füllen sich nach dem Verdrängungsverhältnis die Profillücken der Walzen mit dem aufließenden Werkstoff. Mit Erreichen des Werkstückaußendurchmessers ist der Walzvorgang abgeschlossen. Durch die spanlose Umformung arbeiten die Walzen praktisch ohne Volumenänderung, das im Gewindekern verdrängte Material fließt in die Gewindespitzen. Das zu verdrängende Material darf gerade so viel sein, dass die Profilspitzen vollständig ausgeformt werden, bzw. eine leicht sichtbare Quetschfalte ist in der Regel zulässig und schont die Rollwerkzeuge.




### 13.4.2 Anwendungsbereich

#### 13.4.2.1 Einteilung der Werkstoffe

Die zu bearbeitenden Werkstoffe sollten gut kaltumformbar sein und können nach ihrer Bruchdehnung in drei Gruppen eingeteilt werden:

| Bruchdehnung von | bis | Walzbarkeit | Beschreibung |
|---|---|---|---|
| 12% | … | sehr gut walzbar | • häufiger Anwendungsbereich |
| 8% | 12% | im Grenzbereich | • Rollen werden stärker beansprucht<br>• höhere Rolldrücke nötig<br>• geringere Lebensdauer der Werkzeuge<br>• Rollfähigkeit im Versuch prüfen |
| … | 8% | nicht empfehlenswert | • Werkstoffe zeigen nach dem Rollen Faltungen und Risse<br>• Werkstoffe bröckeln, bevor sie zum Fließen kommen |

Häufig lässt sich die Bruchdehnung der Werkstoffe durch eine Warmbehandlung erhöhen.



# Gewindewalzen

## 13.4.2.2 Walzbarkeit verschiedener Werkstoffe

| Hauptgruppe / Untergruppe | | Beispiel | Nr. | Zugfestigkeit Rm [N/mm²] Härte [HB/HRC/HV] | Härte HB | Dehnung $A_5$ [%] | Walzbarkeit | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | **Stahlwerkstoffe** | | | | | | | |
| 1.1 | Kaltfließpressstähle, Magnetweicheisen bis 400 N/mm² | Q-St37-3 | 1.0123 | | | – | | |
| | | R-Fe80 | 1.1014 | | | – | | |
| 1.2 | Automatenstähle, Allgemeine Baustähle bis 600 N/mm² | St37 | 1.0120 | 500 N/mm² | -150 | 28 | ● | |
| | | St50 | 1.0531 | 600 N/mm² | -190 | 22 | | |
| | | St60 | 1.0540 | 600 N/mm² | -250 | 15 | | |
| | | 9S20 | 1.0711 | -360 N/mm² | -160 | 25 | | |
| | | 9SMn28 | 1.0715 | -380 N/mm² | -114 | 23 | ○ | eventuell Schuppenbildung |
| | | 9SMnPb28 | 1.0718 | -380 N/mm² | -170 | 23 | | |
| | | 35S20 | 1.0726 | -600 N/mm² | -190 | 18 | | |
| 1.3 | Automatenstähle, Baustähle, Legierte Stähle, Stahlguss bis 850 N/mm² | 9SMn28K | 1.0715 | -720 N/mm² | -214 | 8 | | |
| | | GS38 | 1.0416 | -500 N/mm² | -150 | 20 | ● | |
| | | GS36Mn5 | 1.5067 | -600 N/mm² | -200 | 17 | | |
| 1.4 | Einsatzstähle, Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Kaltarbeitsstähle bis 1100 N/mm² | C10 | 1.0301 | -440 N/mm² | -130 | 16 | | |
| | | Ck10 | 1.1121 | -440 N/mm² | -130 | 16 | | |
| | | C15 | 1.0401 | -480 N/mm² | -143 | 14 | | |
| | | Ck15 | 1.1141 | -480 N/mm² | -130 | 14 | | |
| | | C22 * | 1.0402 | -630 N/mm² | -185 | 22 | ● | Glühen notwendig |
| | | Ck22 * | 1.1151 | -360 N/mm² | -185 | 22 | | |
| | | C35 * | 1.0501 | -700 N/mm² | -200 | 18 | | |
| | | C45 * | 1.0503 | -800 N/mm² | -238 | 16 | | |
| | | Ck45 * | 1.1191 | -800 N/mm² | -238 | 16 | ○ | |
| | | C60 * | 1.0601 | -950 N/mm² | -280 | 13 | | |
| | | Ck60 * | 1.1221 | -950 N/mm² | -280 | 13 | | |
| | | 20MnCr5 | 1.7264 | -730 N/mm² | -217 | 8 | | |
| | | 17CrNiMo6 | 1.6587 | -800 N/mm² | -229 | 8 | | |
| 1.5 | Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Warmarbeitsstähle bis 1400 N/mm², Gehärtete Stähle bis 44 HRC | 31CrMoV9 | 1.8519 | -1300 N/mm² | -380 | 11 | | |
| | | 42CrMo4V * | 1.7225 | -1200 N/mm² | -355 | 10 | | |
| | | 50CrMo4 * | 1.7228 | -1200 N/mm² | -355 | 10 | | |
| | | 30CrMoV9 * | 1.7707 | -1400 N/mm² | -420 | 9 | | |
| | | 34CrNiMo6 * | 1.6582 | -1400 N/mm² | -420 | 9 | | |
| | | X30WCrV5-3 | 1.2567 | 1100 N/mm² | | – | | |
| | | X38CrMoV5-3 | 1.2367 | 900-1100 N/mm² | | – | | |
| 1.6 | Gehärtete Stähle > 44 - 55 HRC | 55NiCrMoV6 | 1.2713 | 47-52 HRC | | – | X | |
| 1.7 | Gehärtete Stähle > 55 - 60 HRC | 45WCrV7 | 1.2542 | 56-57 HRC | | – | | |
| 1.8 | Gehärtete Stähle > 60 - 63 HRC | X155CrVMo12-1 | 1.2379 | 60-63 HRC | | – | | |
| 1.9 | Gehärtete Stähle > 63 - 66 HRC | X210CrW12 | 1.2436 | 63-64 HRC | | – | | |
| 1.10 | Rostbeständige Stähle, Säurebeständige Stähle, Hitzebeständige Stähle bis 850 N/mm² | X10Cr13 | 1.4006 | -650 N/mm² | | 18 | ○ | Bei diesen Stählen kann es während dem Walzen zu Längenausdehnungen kommen |
| | | X20Cr13 | 1.4031 | -950 N/mm² | -275 | 14 | | |
| | | X22CrNi17 | 1.4057 | -900 N/mm² | | 12 | | |
| | | X12CrMoS17 | 1.4104 | -800 N/mm² | | 20 | | |
| | | X5CrNi18 10 | 1.4301 | -700 N/mm² | | 30 | | |
| | | X10CrNiS18 9 | 1.4305 | -700 N/mm² | | 50 | | |
| | | X5CrNiMo17 12 2 | 1.4401 | -700 N/mm² | | 30 | | |
| | | X2CrNiMo18 14 3 | 1.4435 | -700 N/mm² | | 35 | | |
| | | 6CrNiMoTi17 12 2 | 1.4571 | -700 N/mm² | | 40 | | |
| 1.11 | Rost-/Säure-/Hitzebeständändige Stähle bis 1100 N/mm² | X45SiCr4 | 1.4704 | 900-1100 N/mm² | | – | X | |
| 1.12 | Rost-/Säure-/Hitzebeständige Stähle bis 1400 N/mm² | X5NiCrTi26-15 | 1.4980 | 1200 N/mm² | | – | | |
| 1.13 | Stahl-Sonderwerkstoffe | FerroTiC | | 800-900 N/mm² | | 0,7-0,8 | | |
| | | Hardox500 | | 1300-1400 N/mm² | | 8 | | |
| **2** | **Gusswerkstoffe** | | | | | | | |
| 2.1 | Gusseisen | GG 20 | 0.6020 | 120-220 HB | | – | X | |
| | | GG 30 | 0.6030 | 220-270 HB | | – | | |
| 2.2 | Gusseisen mit Kugelgraphit | GGG 40 | 0.7040 | -500 N/mm² | -180 | -27 | ● | |
| | | GGG 50 | 0.7050 | -600 N/mm² | -210 | 12 | ○ | |
| | | GGG 60 | 0.7060 | -750 N/mm² | -250 | 8 | | |
| 2.3 | Gusseisen mit Vermikulargraphit | GGV(80%Perlit) | | 220 HB | | – | | |
| | | GGV(100%Perlit) | | 230 HB | | – | | |
| 2.4 | Temperguss | GTW 40 | 0.8040 | 360-420 N/mm² | | 4-8 | X | |
| | | GTS45 | 0.8145 | -600 N/mm² | -210 | 6 | | |
| | | GTS65 | 0.8165 | 580-650 N/mm² | -250 | 6 | | |
| 2.5 | Hartguss bis 400 HB | | | -400 HB | | | | |

* alle Werte im vergüteten Zustand

● = sehr gut walzbar
○ = im Grenzbereich
**X** = nicht empfehlenswert

# Gewindewalzen



| Hauptgruppe / Untergruppe | | Beispiel | Nr. | Zugfestigkeit Rm [N/mm²] Härte [HB/HRC/HV] | Härte HB | Dehnung $A_5$ [%] | Walzbarkeit |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **3** | **Kupfer, Kupferleg., Bronze, Messing** | | | | | | |
| 3.1 | Reinkupfer und niedriglegiertes Kupfer bis 500 N/mm² | E-Cu | 2.0060 | 250-350 N/mm² | | 8-20 | ● |
| 3.2 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing) (langspanend) | CuZn40 [Ms60] | 2.0360 | 340-490 N/mm² | | 12-43 | |
| | | CuZn37 [Ms63] | 2.0321 | 310-550 N/mm² | | – | |
| 3.3 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing) (kurzspanend) | CuZn39Pb2 [Ms58] | 2.0380 | 380-500 N/mm² | | 9-40 | |
| 3.4 | Kupfer-Alu-Legierungen (Alubronze) (langspanend) Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze) (langspanend) | CuAl10Ni | 2.0966 | 500-800 N/mm² | | 8-10 | |
| 3.5 | Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze) (kurzspanend) | GCuSn5ZnPb [Rg5] | 2.1096 | 150-300 N/mm² | | 8-16 | |
| | | GCuSn7ZnPb [Rg7] | 2.1090 | 150-300 N/mm² | | 14-15 | |
| 3.6 | Kupfer-Sonderlegierungen bis Q18 | Ampco16 | | 630 N/mm² | | 22 | |
| 3.7 | Kupfer-Sonderlegierungen über Q18 | Ampco20 | | 600 N/mm² | | 4 | X |
| **4** | **Nickel-/ Kobalt-Legierungen** | | | | | | |
| 4.1 | Nickel-/ Kobalt-Legierungen warmfest bis 850 N/mm² | NiCr20Mo19 [Nimonic 236] | 2.4650 | -700 N/mm² | -200 | – | ○ |
| 4.2 | Nickel-/ Kobalt-Legierungen hochwarmfest 850-1400 N/mm² | NiCr17Mo17FeW [Hasteloy] | | -900 N/mm² | -260 | – | |
| | | NiCr15Fe [Inconell 600] | 2.4816 | -1100 N/mm² | -330 | – | |
| | | NiCr19NbMo [Inconell 718] | 2.4668 | -1100 N/mm² | | – | |
| 4.3 | Nickel-/ Kobalt-Legierungen hochwarmfest >1400 N/mm² | Haynes 25 (L605) | | >1400 N/mm² | | – | X |
| **5** | **Aluminiumlegierungen** | | | | | | |
| 5.1 | Alu-Knetlegierungen | Al 99,5 [F13] | 3.0255 | 100-250 N/mm² | | 4 | X |
| | | AlCuMg1 [F39] | 3.1325 | 300-500 N/mm² | | 12-13 | ● |
| 5.2 | Alu-Gusslegierungen Si ≤ 5% | G-AlMg3 | 3.3541 | 130-190 N/mm² | | 3-8 | X |
| 5.3 | Alu-Gusslegierungen 5% < Si ≤ 12% | GD-AlSi9Cu3 | 3.2163 | 240-310 N/mm² | | 0,5-3 | |
| | | GD-AlSi12 | 3.2582 | 220-300 N/mm² | | 1-3 | |
| 5.4 | Alu-Gusslegierungen 12% < Si | G-AlSi17Cu4 | | 180-250 N/mm² | | – | |
| **6** | **Magnesiumlegierungen** | | | | | | |
| 6.1 | Magnesium-Knetlegierungen | MgAl6 | 3.5662 | 300-500 N/mm² | | – | X |
| 6.2 | Magnesium-Gusslegierungen | GMgAl9Zn1 | 3.5912 | 300-500 N/mm² | | 2-5 | |
| **7** | **Titan, Titanlegierungen** | | | | | | |
| 7.1 | Reintitan, Titanlegierungen bis 900 N/mm² | Ti3 [Ti99.4] | 3.7055 | 700 N/mm² | | 16-18 | X |
| | | TiAl6V4 | 3.7164 | 700-900 N/mm² | | 6-8 | |
| 7.2 | Titanlegierungen 900-1250 N/mm² | TiAl4Mo4Sn2 | 3.7185 | 900-1250 N/mm² | | 9 | |
| **8** | **Kunststoffe** | | | | | | |
| 8.1 | Duroplaste (kurzspanend) | BAKELIT | | 110 N/mm² | | – | X |
| 8.2 | Thermoplaste (langspanend) | HOSTALEN | | 80 N/mm² | | – | |
| 8.3 | Faserverstärkte Kunststoffe | CFK / GFK / AFK | | 800-1500 N/mm² | | – | |
| **9** | **Werkstoffe für bes. Anwendungen** | | | | | | |
| 9.1 | Graphit | C-8000 | | 60 N/mm² | | – | X |
| 9.2 | Wolfram-Kupfer-Legierungen | W-Cu 80/20 | | 230-250 HV | | – | |

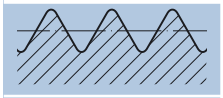
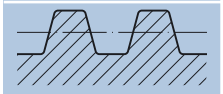
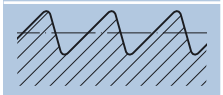
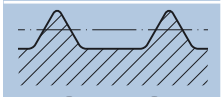
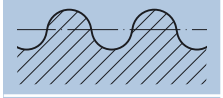
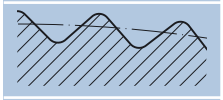
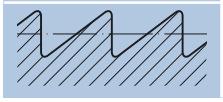
● = sehr gut walzbar
○ = im Grenzbereich
**X** = nicht empfehlenswert



# Gewindewalzen

### 13.4.2.3 Walzbarkeit von Profilen

Die Form des Profils beeinflusst die Fließmöglichkeit des Werkstoffes beim Umformen.

| Profil | Beschreibung | Bemerkung | Formbarkeit | Walzkraft |
|---|---|---|---|---|
|  | 60° und 55° Spitzgewinde wie z.B. Metrisches-ISO, USST, Whitworth-Gewinde | Material kann leicht bis in die Profilspitzen fließen | gut | niedrig |
|  | Trapez- und ähnliche Profile | Bei ausreichend schrägen Flanken und nicht zu ungünstigen Verhältnissen von Kerndurchmesser zu Gewindetiefe | | |
|  | Sägengewinde mit zwei schrägen Flanken | Nur rollbar, wenn die Gewindeprofilwinkel nicht zu stark voneinander abweichen und nicht zu gering sind | | |
|   | Holzschrauben- und Rundgewinde | Hohe Rollkraft nötig, damit das Material bis zum Profilkopf aufließt | | |
|  | Rändel-, Kordel- und Kerbverzahnungen | Hohe Rollkraft, abhängig von der Profilform und der Länge der Verzahnung | | hoch |
|  | Profilformen mit senkrechten Flanken | | nicht | |

Die maximal drückbare Gewindesteigung wird von den Werkstoffeigenschaften, der Walzmaschine und der Profilform begrenzt. Steigungen über Modul 3 (= ca. 12 mm) stellen erfahrungsgemäß die Obergrenze dar.

### 13.4.2.4 Schmierung

Die hohen spezifischen Verformkräfte beim Kaltumformen bedingen hohe Reibkräfte. Der problemlose Einsatz von umformenden Werkzeugen ist deshalb in hohem Maße von den Eigenschaften des Schmiermittels abhängig.
Um saubere Gewindeoberflächen und akzeptable Standzeiten zu erzielen, sollten die empfohlenen Schmierstoffe aus **Kapitel 6** oder gleichwertige Fabrikate verwendet werden.



## 13.4.3 Vorarbeit der Rohlinge

### 13.4.3.1 Vorarbeitsdurchmesser

Der Vorarbeitsdurchmesser entspricht bei allen Gewinden, deren Kopfform und Fußlücke in etwa gleich sind, dem tabellenmäßig festgelegten Flankendurchmesser.
Hierunter fallen alle Spitz-, Trapez- und Rundgewinde.
Wenn höchste Anforderungen an die Genauigkeit des Gewindedurchmessers gestellt werden, kann der Vorarbeitsdurchmesser nur durch einen Walzversuch ermittelt und festgelegt werden.

**Metrisches ISO-Regel- und -Feingewinde 6g nach DIN 13 und DIN ISO 965-1**

| Ge-winde Ø | Steigung P | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,35 | 0,5 | 0,7 | 0,75 | 0,8 | 1 | 1,25 | 1,5 | 1,75 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 |
| | Vorarbeitsdurchmesser $V_b$ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 2,75 | 2,63 | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 3,75 | 3,63 | 3,5 | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 4,75 | 4,63 | | 4,47 | 4,43 | | | | | | | | | | | |
| 6 | 5,75 | 5,63 | | 5,47 | | 5,30 | | | | | | | | | | |
| 7 | 6,75 | 6,63 | | 6,47 | | 6,30 | | | | | | | | | | |
| 8 | 7,75 | 7,63 | | 7,47 | | 7,30 | 7,13 | | | | | | | | | |
| 9 | 8,75 | 8,63 | | 8,47 | | 8,30 | 8,13 | | | | | | | | | |
| 10 | 9,75 | 9,63 | | 9,47 | | 9,30 | 9,13 | 8,97 | | | | | | | | |
| 11 | 10,75 | 10,63 | | 10,47 | | 10,30 | | 9,97 | | | | | | | | |
| 12 | 11,75 | 11,63 | | 11,47 | | 11,30 | 11,13 | 10,97 | 10,79 | | | | | | | |
| 14 | 13,75 | 13,63 | | 13,47 | | 13,30 | | 12,97 | | 12,64 | | | | | | |
| 15 | 14,75 | 14,63 | | 14,47 | | 14,30 | | 13,97 | | | | | | | | |
| 16 | 15,75 | 15,63 | | 15,47 | | 15,30 | | 14,97 | | 14,64 | | | | | | |
| 18 | 17,75 | 17,63 | | 17,47 | | 17,30 | | 16,97 | | 16,64 | 16,30 | | | | | |
| 20 | 19,75 | 19,63 | | 19,47 | | 19,30 | | 18,97 | | 18,64 | 18,30 | | | | | |
| 22 | 21,75 | 21,63 | | 21,47 | | 21,30 | | 20,97 | | 20,64 | 20,30 | | | | | |
| 24 | 23,75 | 23,63 | | 23,47 | | 23,30 | | 22,97 | | 22,64 | | 21,96 | | | | |
| 25 | 24,75 | 24,63 | | 24,47 | | 24,30 | | 23,97 | | 23,64 | | | | | | |
| 26 | 25,75 | 25,63 | | 25,47 | | 25,30 | | 24,97 | | 24,64 | | | | | | |
| 27 | 26,75 | 26,63 | | 26,47 | | 26,30 | | 25,97 | | 25,64 | | 24,96 | | | | |
| 28 | 27,75 | 27,63 | | 27,47 | | 27,30 | | 26,97 | | 26,64 | | 25,96 | | | | |
| 30 | 29,75 | 29,63 | | 29,47 | | 29,30 | | 28,97 | | 28,64 | | 27,96 | 27,62 | | | |
| 32 | 31,75 | 31,63 | | 31,47 | | 31,30 | | 30,97 | | 30,64 | | 29,96 | | | | |
| 33 | 32,75 | 32,63 | | 32,47 | | 32,30 | | 31,97 | | 31,64 | | 30,96 | 30,62 | | | |
| 36 | 35,75 | 35,63 | | 35,47 | | 35,30 | | 34,97 | | 34,64 | | 33,96 | | 33,30 | | |
| 38 | 37,75 | 37,63 | | 37,47 | | 37,30 | | 36,97 | | 36,64 | | 35,96 | | | | |
| 39 | 38,75 | 38,63 | | 38,47 | | 38,30 | | 37,97 | | 37,64 | | 36,96 | | 36,30 | | |
| 40 | 39,75 | 39,63 | | 39,47 | | 39,30 | | 38,97 | | 38,64 | | 37,96 | | 37,30 | | |
| 42 | 41,75 | 41,63 | | 41,47 | | 41,30 | | 40,97 | | 40,64 | | 39,96 | | 39,30 | 38,96 | |
| 45 | 44,75 | 44,63 | | 44,47 | | 44,30 | | 43,97 | | 43,64 | | 42,96 | | 42,30 | 41,96 | |
| 48 | | 47,63 | | 47,47 | | 47,30 | | 46,97 | | 46,64 | | 45,96 | | 45,30 | | 44,63 |
| 52 | | 51,63 | | 51,47 | | 51,30 | | 50,97 | | 50,64 | | 49,96 | | 49,30 | | 48,63 |
| 56 | | 55,63 | | 55,47 | | 55,30 | | 54,97 | | 54,64 | | 53,96 | | 53,30 | | |
| 60 | | 59,63 | | 59,47 | | 59,30 | | 58,97 | | 58,64 | | 57,96 | | 57,30 | | |

Maße in mm



# Gewindewalzen

## UNC
## UNF

## Vorarbeitsdurchmesser

### Amerikanisches Unified-Grobgewinde UNC nach ASME B1.1 bzw. ISO 5864

| Gewinde-Nenn-ø | P Gg./1" | Vorarbeitsdurchmesser $V_b$ |
|---|---|---|
| Nr. 1 | 64 | 1,57 |
| Nr. 2 | 56 | 1,86 |
| Nr. 3 | 48 | 2,15 |
| Nr. 4 | 40 | 2,40 |
| Nr. 5 | 40 | 2,73 |
| Nr. 6 | 32 | 2,95 |
| Nr. 8 | 32 | 3,61 |
| Nr. 10 | 24 | 4,10 |
| Nr. 12 | 24 | 4,76 |
| 1/4 | 20 | 5,48 |
| 5/16 | 18 | 6,99 |
| 3/8 | 16 | 8,44 |
| 7/16 | 14 | 9,88 |
| 1/2 | 13 | 11,37 |
| 9/16 | 12 | 12,85 |
| 5/8 | 11 | 14,31 |
| 3/4 | 10 | 17,33 |
| 7/8 | 9 | 20,32 |
| 1" | 8 | 23,26 |
| 1 1/8 | 7 | 26,14 |
| 1 1/4 | 7 | 29,31 |
| 1 1/2 | 6 | 35,26 |

Maße in mm

### Amerikanisches Unified-Feingewinde UNF nach ASME B1.1 bzw. ISO 5864

| Gewinde-Nenn-ø | P Gg./1" | Vorarbeitsdurchmesser $V_b$ |
|---|---|---|
| Nr. 1 | 72 | 1,60 |
| Nr. 2 | 64 | 1,90 |
| Nr. 3 | 56 | 2,19 |
| Nr. 4 | 48 | 2,47 |
| Nr. 5 | 44 | 2,77 |
| Nr. 6 | 40 | 3,06 |
| Nr. 8 | 36 | 3,68 |
| Nr. 10 | 32 | 4,27 |
| Nr. 12 | 28 | 4,86 |
| 1/4 | 28 | 5,72 |
| 5/16 | 24 | 7,21 |
| 3/8 | 24 | 8,80 |
| 7/16 | 20 | 10,24 |
| 1/2 | 20 | 11,83 |
| 9/16 | 18 | 13,32 |
| 5/8 | 18 | 14,91 |
| 3/4 | 16 | 17,97 |
| 7/8 | 14 | 20,99 |
| 1" | 12 | 23,97 |
| 1 1/8 | 12 | 27,14 |
| 1 1/4 | 12 | 30,32 |
| 1 1/2 | 12 | 36,67 |

Maße in mm



## Vorarbeitsdurchmesser

### Whitworth-Gewinde BSW nach BS 84

| Gewinde-Nenn-ø | P Gg./1" | Vorarbeitsdurchmesser $V_b$ |
|---|---|---|
| 1/8 | 40 | 2,73 |
| 5/32 | 32 | 3,42 |
| 3/16 | 24 | 4,04 |
| 7/32 | 24 | 4,83 |
| 1/4 | 20 | 5,49 |
| 5/16 | 18 | 6,98 |
| 3/8 | 16 | 8,45 |
| 7/16 | 14 | 9,89 |
| 1/2 | 12 | 11,28 |
| 5/8 | 11 | 14,33 |
| 11/16 | 11 | 15,89 |
| 3/4 | 10 | 17,35 |
| 7/8 | 9 | 20,34 |
| 1" | 8 | 23,29 |
| 1 1/8 | 7 | 26,16 |
| 1 1/4 | 7 | 29,34 |
| 1 1/2 | 6 | 35,30 |
| 1 3/4 | 5 | 41,10 |
| 2" | 4,5 | 47,07 |
| 2 1/4 | 4 | 52,97 |
| 2 1/2 | 4 | 59,32 |
| 3" | 3,5 | 71,43 |

Maße in mm

### Whitworth-Feingewinde BSF nach BS 84

| Gewinde-Nenn-ø | P Gg./1" | Vorarbeitsdurchmesser $V_b$ |
|---|---|---|
| 7/32 | 28 | 4,95 |
| 1/4 | 26 | 5,68 |
| 9/32 | 26 | 6,48 |
| 5/16 | 22 | 7,15 |
| 3/8 | 20 | 8,66 |
| 7/16 | 18 | 10,16 |
| 1/2 | 16 | 11,63 |
| 9/16 | 16 | 13,22 |
| 5/8 | 14 | 14,66 |
| 11/16 | 14 | 16,25 |
| 3/4 | 12 | 17,63 |
| 13/16 | 12 | 19,22 |
| 7/8 | 11 | 20,68 |
| 1" | 10 | 23,71 |
| 1 1/8 | 9 | 26,70 |
| 1 1/4 | 9 | 29,87 |
| 1 3/8 | 8 | 32,82 |
| 1 1/2 | 8 | 35,99 |
| 1 5/8 | 8 | 39,17 |
| 1 3/4 | 7 | 42,05 |
| 2" | 7 | 48,40 |

Maße in mm

### Rohrgewinde G nach DIN EN ISO 228 *)

| Gewinde-Nenn-größe | P Gg./1" | Vorarbeitsdurchmesser $V_b$ |
|---|---|---|
| G 1/8 | 28 | 9,11 |
| G 1/4 | 19 | 12,25 |
| G 3/8 | 19 | 15,76 |
| G 1/2 | 14 | 19,74 |
| G 3/4 | 14 | 25,22 |
| G 1" | 11 | 31,71 |
| G 1 1/4 | 11 | 40,37 |
| G 1 1/2 | 11 | 46,26 |
| G 1 3/4 | 11 | 52,20 |

*) für nicht im Gewinde dichtende Verbindungen Maße in mm

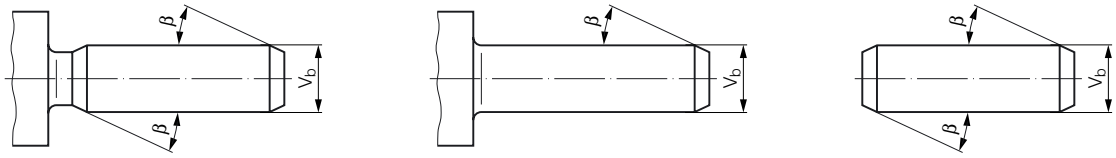
### Amerikanisches kegeliges Rohrgewinde NPT nach ANSI/ASME B1.20.1

| Gewinde-Nenn-größe | P Gg./1" | Vorarbeitsdurchmesser $V_b$ |
|---|---|---|
| 1/8 | 27 | 9,48 |
| 1/4 | 18 | 12,39 |
| 3/8 | 18 | 15,88 |
| 1/2 | 14 | 19,72 |
| 3/4 | 14 | 25,06 |
| 1" | 11,5 | 31,40 |
| 1 1/4 | 11,5 | 40,16 |
| 1 1/2 | 11,5 | 46,22 |
| 2" | 11,5 | 58,26 |

Maße in mm

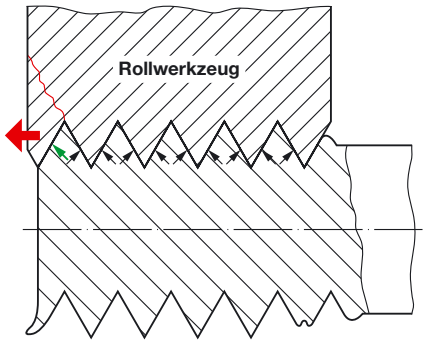
### 13.4.3.2 Gestaltung der Rohlinge

Die Form der vorgearbeiteten Rohlinge wird vor allem durch das Walzverfahren, die Festigkeit des Werkstoffes und den Einsatzfall beeinflusst.

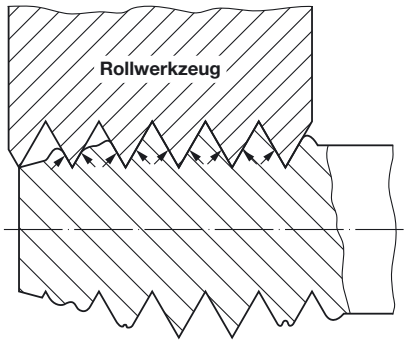



| Einfluss der Festigkeit des Werkstoffes auf den Fasenwinkel | | |
|---|---|---|
| Zugfestigkeit $R_m$ in N/mm² von | bis | Fasenwinkel β |
| … | 500 | vernachlässigbar |
| 500 | 700 | 25° |
| 700 | 1000 | 20° |
| 1000 | … | 15° |

Bei einem nicht angefasten Werkstück steht der letzte Gang der Gewinderolle nur an einer Flanke (grüner Pfeil) unter Druck. Daher ist nach kürzerer Zeit ein Abbrechen dieses Ganges in Pfeilrichtung (roter Pfeil) zu erwarten. Um diesem sicheren vorzeitigen Verschleiß der Gewinderolle entgegenzuwirken, muss das Werkstück am Gewindeende angefast bzw. entsprechend hinterstochen werden. Somit verteilt sich der einseitige Flankendruck auf mehrere Gänge.




**Bruchgefahr (roter Pfeil) bei nicht angefastem Werkstück**




**Ein am Gewindeende angefastes Werkstück**

## 13.5 Hinweise zur Geometrie von Walzrollen

### 13.5.1 Bestimmung des Walzrollen-Außendurchmessers

**Einstechverfahren**

Im Allgemeinen ist der Außendurchmesser der Walzrolle ein ganzzahliges Vielfaches des Werkstück-Flankendurchmessers bzw. des Vorarbeitsdurchmessers. Daher gilt:

Außendurchmesser der Einstechrollen: $d_a = d_f \cdot G$ [mm]

Durch unterschiedliche Wahl der Zahl der Gewindegänge auf den Rollwerkzeugen hat man die Möglichkeit, den Rollen-Außendurchmesser abgestuft auszuwählen.

**Durchlaufverfahren mit korrigiertem Steigungswinkel**

Außendurchmesser der Durchlaufrollen: $d_a = d_f \cdot G \cdot 1{,}25$ [mm]

Der Wert 1,25 zeigt an, dass der Außendurchmesser der Durchlaufrolle gegenüber einer Einstechrolle mit gleicher Steigung und gleicher Gangzahl um 25% erhöht ist. Um den selben Wert ändert sich gleichzeitig der Werkzeugsteigungswinkel gegenüber der Einstechrolle bzw. dem Werkstück. Die Differenz (Korrektur) des Rollensteigungswinkel bewirkt den axialen Werkstückvorschub. Abweichungen des Wertes 1,25 nach plus oder minus sind konstruktiv möglich.

**Durchlaufverfahren mit steigungslosen Rillenrollen**

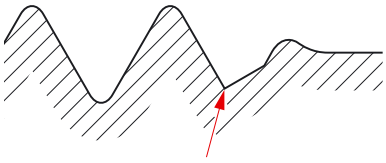
Der Außendurchmesser der Rillenrollen ist auf Grund der fehlenden Spiralsteigung, wie im **Kapitel 13.2.7** bereits beschrieben, vom Werkstückdurchmesser völlig unabhängig. Er richtet sich lediglich nach dem größten und kleinsten zulässigen Durchmesser des jeweiligen Maschinentyps und wird durch Kundenwunsch bestimmt.

| Symbol | Benennung | Einheit |
|---|---|---|
| $d_f$ | Vorarbeitsdurchmesser des Rohlings | mm |
| $d_a$ | Außendurchmesser der Rolle | mm |
| G | Gangzahl der Rolle | |

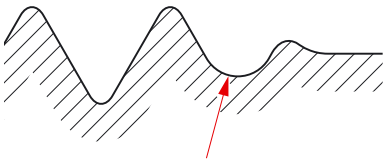
$\pi = 3{,}141592653$

### 13.5.2 Anfasung und Verrundung der Gewindeeinläufe von Walzwerkzeugen

Grundsätzlich werden Walzwerkzeuge mit angefasten Gewindeeinläufen geliefert, da sonst hohe Verletzungsgefahr besteht. Außerdem würden die Randzonen von nicht angefasten Werkzeugen im Einsatz unweigerlich zu Bruch gehen. In der Praxis zeigte sich ein Fasenwinkel von 30° zur Mantelfläche am günstigsten. Jedoch können auf Wunsch auch andere Fasenwinkel angeschliffen werden.



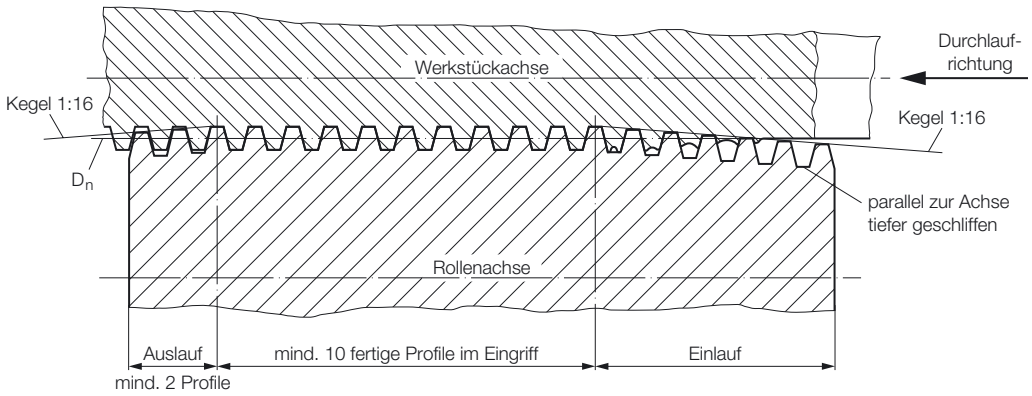
Es ist bekannt, dass an eingekerbten Werkstücken die Bruchgefahr (Kerbwirkung) erhöht wird, wenn die Übergänge in den Kerben scharfkantig verlaufen. An Schrauben ohne Freistich, wenn sie mit normal angefasten Walzwerkzeugen gefertigt werden, treten ähnliche Verhältnisse auf.



Die Praxis zeigt, dass immer mehr höchste Ansprüche an Schrauben bezüglich ihrer Festigkeit (kerbwirkungsfreie Gewindeenden) gestellt werden. Auf Wunsch können Gewindewalzrollen deshalb mit verrundeten oder hinterschliffenen Gewindeeinläufen geliefert werden.

## 13.5.3 Rollen von Gewinden im Durchlaufverfahren

Bei der Herstellung von Gewinderollen, die im Durchlaufverfahren arbeiten sollen, sind bestimmte Bedingungen in Bezug auf Anschnitt, Mittelpartie und Auslauf zu beachten.
Das nachfolgende Bild veranschaulicht einen Achsschnitt durch eine Durchlaufgewinderolle (hier mit Trapezgewinde), welche sich im Eingriff mit dem Werkstück befindet.




$D_n$ = Neutraler Durchmesser des vollen Trapezprofils

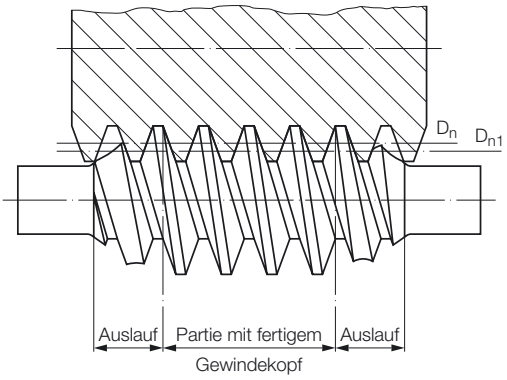
**Anschnitt der Rollen**
Als Anschnitt der Rolle hat sich in der Praxis ein Kegelverhältnis von 1:16 bewährt. Hierzu ist zu erwähnen, dass es nicht genügt, den Kopf der zylindrisch geschliffenen Gewindegänge kegelig abzuschleifen. Das Gewinde muss in seiner gesamten Form zurückgesetzt werden. Neben dem bewährten Kegel 1:16 können auf Wunsch auch andere Kegelverhältnisse angeschliffen werden. Für das Walzen von schwer verformbaren Werkstoffen haben sich auch Sondereinläufe bewährt, welche, anstatt der im gesamten Profil zurückgesetzten Gewindegänge, im Einlauf mit verformungsgünstigem Spitzprofil ausgestattet werden können.

**Mittelpartie der Rollen**
Damit das Werkstück eine genügende Führung hat und somit ein Taumeln ausgeschlossen wird, sollten die Rollen in ihrem zylindrischen Mittelteil ca. 10 fertige Gewindeprofile besitzen.

**Auslauf der Rollen**
Um zu verhindern, dass die auslaufenden Gewindegänge am hinteren Teil der Rolle die bereits fertig gerollten Flanken des Werkstückes beschädigen, müssen die letzten 2 Gänge der Rollen möglichst übergangslos wie beim Anschnitt zurückgesetzt werden. Auch hier ist ein Kegelverhältnis 1:16 empfehlenswert.

## 13.5.4 Rollen von Schnecken und ähnlichen Profilen

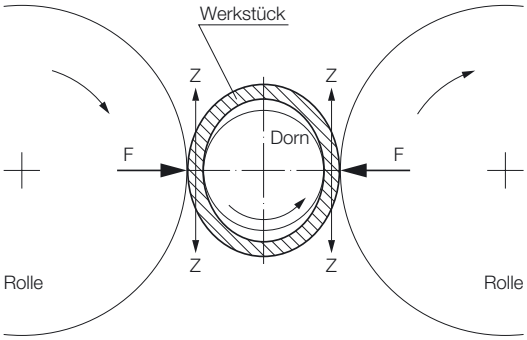
Ein- oder mehrgängige Schnecken sind im Allgemeinen walzbar, allerdings muss ein relativ langer An- und Auslauf mit nicht geschlossenem Profilkopf in Kauf genommen werden.

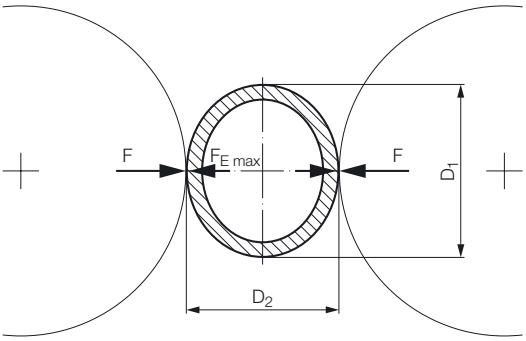



Der Rollen-Außendurchmesser wird über den theoretischen Vorarbeitsdurchmesser ermittelt, welcher wiederum konstruktiv über das Profilverdrängungsverhältnis ermittelt wird.

Nicht rollbar sind Schnecken mit einem zum Profil extrem kleinen Fußkreisdurchmesser, da hier eine plastische Längung eintritt, bevor der Kopf des Gewindes aufließen kann. Derartige Schnecken werden in der Praxis spanend hergestellt und mit auf das geschnittene Profil abgestimmten Gewindewalzen nachgerollt, so dass wenigstens die prägepolierte Gewindeoberfläche erreicht wird.

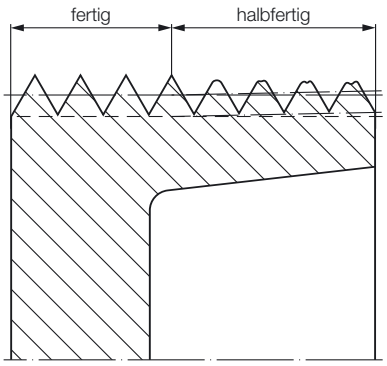
## 13.5.5 Rollen von Gewinden auf Hohlkörper




Hohlkörper, auf die ein Gewinde gerollt werden soll, werden – je nach Wandstärke – durch die Rollkraft elastisch und in Extremfällen sogar plastisch oval gedrückt. Man ist anfänglich geneigt, diesem Umstand durch Einlegen eines passenden Rolldornes zu begegnen, kommt damit aber leider in den meisten Fällen nicht zum Ziel, da die Rollkraft F nicht nur das gewünschte Gewindeprofil auf das Werkstück aufpresst, sondern auch die Wandung desselben in Richtung der Pfeile Z plastisch auseinanderdrückt und ein schnelles Aufweiten des Werkstückdurchmessers bis zum Platzen bewirkt.

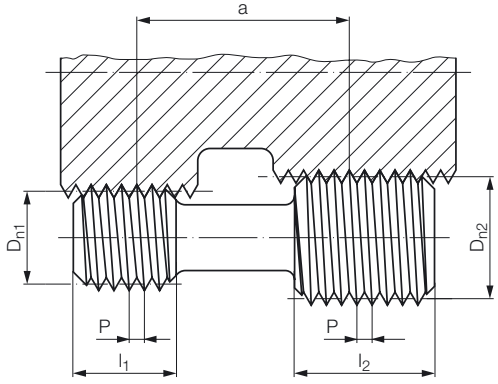
Es bleibt also nur die Möglichkeit, die minimale Wandstärke nicht zu unterschreiten, bei der die Rollkraft $F_{E\,max}$, die zum Fertigrollen des Gewindes notwendig ist, noch kleiner ist, als die maximale elastische Widerstandskraft des Werkstückes.
Im Allgemeinen ist diese Bedingung erfüllt, wenn die Restwandstärke des Werkstückes größer ist als 2-3 Gewindetiefen. Selbstverständlich muss man darauf achten, dass mit minimaler Rollkraft gearbeitet wird.




Wesentlich komplizierter wird der Fall, wenn das Werkstück nur zum Teil hohl, zum anderen jedoch voll ist. Hier kann nur ein Kompromiss erzielt werden, da die Profile über dem hohlen Teil des Werkstückes durch Ausfedern der Wandung nie ganz fertig gerollt werden.
Der Flanken- und Kerndurchmesser nimmt somit am hohlen Gewindeteil zu, der Außendurchmesser hingegen ab. Es ist eine Toleranzfrage, ob das Gewinde eines solchen Werkstückes brauchbar ist.
Die Größe des Fehlers kann nur im Versuch ermittelt werden.

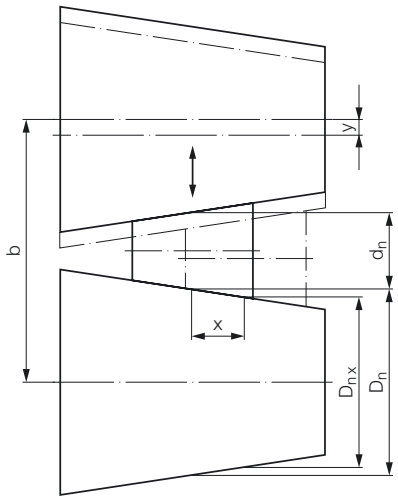
## 13.5.6 Gleichzeitiges Rollen von zwei verschiedenen Gewinden an einem Werkstück

Das gleichzeitige Rollen von zwei verschiedenen Gewinden an einem Werkstück ist in der Regel nicht möglich. In geringen Ausnahmefällen gelingt es jedoch, wenn zwei Gewinde mit gleicher Steigung und gleicher Drallrichtung auf nicht allzu verschiedenen Durchmessern auf ein Werkstück gerollt werden sollen.

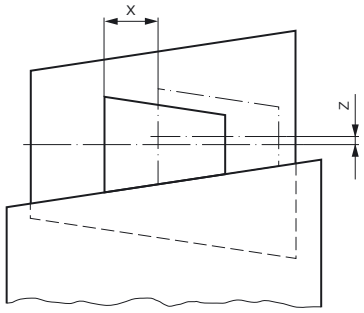


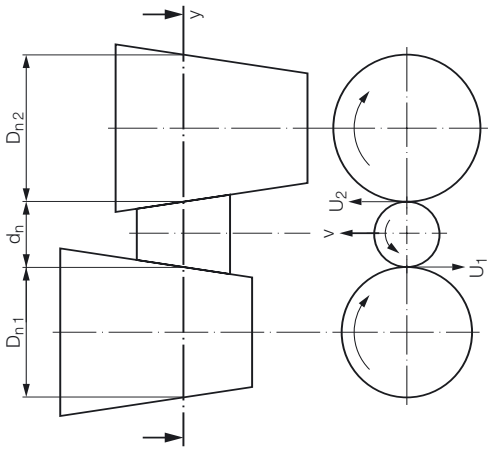

Der Abstand **a** zwischen einem Gang des größeren und einem des kleineren Gewindedurchmessers, in einer beliebigen durch die Werkstückachse gehenden Ebene gemessen, ist immer gleich. Somit ist es möglich, das Werkstück in jeder beliebigen Umfangsstellung mit der Rolle in Eingriff zu bringen.
Allerdings geht das Rollen solcher Werkstücke nicht ohne erhebliche zusätzliche Gleitungen in den Flanken ab, welche immer größer werden, je größer der Durchmesserunterschied der beiden Gewinde ist.
Die Differenz sollte in der Praxis etwa 20% nicht überschreiten.

## 13.5.7 Rollen von konischen Gewinden



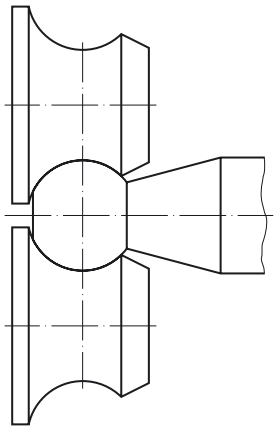

Das Rollen von konischen Gewinden im Einstechverfahren ist möglich. Allerdings muss einigen geometrischen Erscheinungen, die hierbei auftreten, genaue Beachtung geschenkt werden.
Jedes Gewinde, das sich mit einer Umformungsrolle im Eingriff befindet, hat einen gleitfreien, neutralen Durchmesser. Axiales Abwandern des Werkstückes tritt auf, falls an diesem neutralen Durchmesser die Steigungswinkel von Rolle und Werkstück nicht gleich sind.
Beim Rollen von konischen Werkstücken gibt es nur eine einzige axiale Lage desselben zwischen den Rollen, in der die Steigungswinkel von Rolle und Werkstück im neutralen Durchmesser übereinstimmen. Wenn das Werkstück um den Betrag **x** axial verschoben wird, so ist dieses Gleichgewicht gestört und ein axiales Wandern tritt ein. Außerdem ist die Richtung der Axialbewegung des Werkstückes u.a. von der Drehrichtung der Rollen abhängig, d.h., wenn das Werkstück einmal um den Betrag **x** aus seiner axialen Mittellage bewegt wurde, so wandert es je nach Drehrichtung der Rollen entweder im Sinne einer Vergrößerung oder einer Verkleinerung von **x** ab. Da sich aber die Richtung der axialen Mittellage ändert, ergibt sich die Schlussfolgerung, dass die eine Drehrichtung der Rollen das Werkstück axial stabilisiert und die andere Drehrichtung das Werkstück in eine axial labile Lage bringt, wobei die kleinste Störung genügt, um ein immer größer werdendes Abwandern hervorzurufen.
In der schematischen Zeichnung kann man erkennen, dass eine Axialverschiebung des Werkstückes um den Betrag **x** eine proportionale Änderung **y** des Achsenabstandes **b** der Rollen bewirkt, wobei der Konizitätswinkel als Konstante auftritt.
Je nach axialer Bewegungsrichtung des Werkstückes müssen die Rollen während des Walzvorganges axial zusammen- oder auseinanderfahren. Letzteres ist schädlich, da hierbei sämtliche mechanischen Reib- oder hydraulischen Drosselkräfte zusätzlich überwunden werden müssen und die Walzkraft stark ansteigt. Man muss also beim Einlegen des Werkstückes zwischen die Rollen darauf achten, dass das axiale Einmitteln des Werkstückes (das bei richtiger Wahl der Drehrichtung erfolgt) immer im Sinne einer Verkleinerung des Rollenabstandes **b** geschieht.



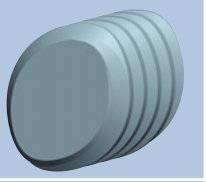
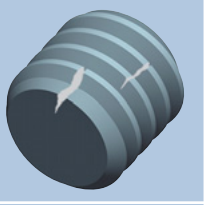
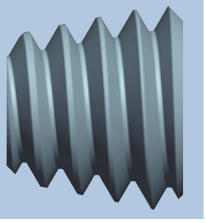

Ferner gilt es zu erwähnen, dass Werkstücke, die konisches Gewinde erhalten, nach Möglichkeit in einer Spitzenspannvorrichtung aufgenommen werden sollten, da bei Verwendung eines schrägen Auflagelineals eine Axialverschiebung **x** des Werkstückes immer eine Höhenänderung **z** desselben nach sich zieht. Um ein Herausspringen des Werkstückes zu verhindern, müsste stark untermittig gerollt werden.
Beim Einstellen der Rollen ist darauf zu achten, dass ihre axial Lage zueinander genau stimmt. Angenommen, eine Rolle würde zur anderen versetzt aufgespannt (wie im Bild stark übertrieben gezeichnet), so stehen sich in jeder zur Rollenachse senkrechten Ebene **y** zwei verschiedene Rollendurchmesser $\mathbf{D_{n1}}$ und $\mathbf{D_{n2}}$ gegenüber. Dort treten demnach unterschiedliche Umfangsgeschwindigkeiten $\mathbf{U_1}$ und $\mathbf{U_2}$ auf, die das Werkstück nach oben oder nach unten mit der Geschwindigkeit **v**, die sich aus der Differenz der Werte $\mathbf{U_1}$ und $\mathbf{U_2}$ ergibt, hinauszuschieben versuchen. Dieser Querbewegung der Werkstücke muss die Spitzenspannvorrichtung Widerstand leisten.
In der Praxis kann sich dieser Effekt besonders dann störend auswirken, wenn ein Werkstück wegen seiner Materialfestigkeit lange zwischen den Rollen bleiben muss. Hier lässt sich Abhilfe schaffen, indem die Rollkraft während des Walzvorganges mehrmals automatisch entlastet wird, damit das Werkstück jeweils in seine Mittellage zurückfedern kann.

### 13.5.8 Prägepolieren und Glätten mit Gewinderollmaschinen



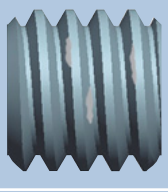
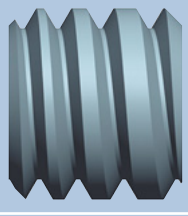
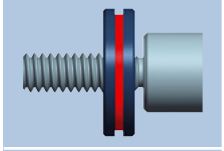
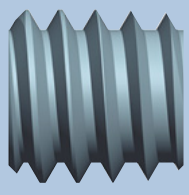
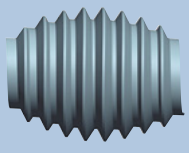
Das Prägepolieren und Glätten von Werkstücken ist mit Rollen gut möglich, jedoch muss das spanend vorgefertigte Gewinde oder die zu glättende Form bereits genau vorgearbeitet werden, da auf Grund der hier auftretenden großen Flächenpressung nahezu kein Material mehr zum Fließen kommt, sondern nur noch die Oberflächen verdichtet und geglättet werden. Geringe Fehler in der spanend vorgearbeiteten Form können dennoch durch das Walzen egalisiert werden.
Zum Einsatz kommt dieses Verfahren häufig bei Kugelgelenken, wo das Gegenstück aus Kunststoff gefertigt und die Reibung im späteren Einsatz auf ein Minimum reduziert werden muss.
Weiterhin findet dieses Walzverfahren Einsatz bei Schnecken mit einem zum Profil extrem kleinen Fußkreisdurchmesser. Die spanend hergestellten Gewinde werden mit einem genau abgestimmten Rollwerkzeug nachgewalzt, um eine verdichtete und prägepolierte Oberfläche zu erreichen.

## 13.6 Fehler, Ursachen und Abhilfe

| festgestellter Fehler | eventuelle Ursache | Abhilfe |
|---|---|---|
| Werkstück wird oval  | • überdrückt<br>• Vorarbeitsdurchmesser zu groß<br>• Auflagelineal zu tief | • Korrektur der Zustellung<br>• Vorarbeitsdurchmesser korrigieren<br>• Einstellungen überprüfen |
| Werkstück platzt auf  | • überdrückt<br>• Unregelmäßiger Vorarbeitsdurchmesser<br>• Materialfehler | • Korrektur der Zustellung<br>• Vorarbeitsdurchmesser korrigieren<br>• Material prüfen |
| Werkstück wird konisch  | • Vorarbeitsdurchmesser nicht zylindrisch<br>• Rollenachsen nicht parallel<br>• Rollen nicht zylindrisch | • Vorarbeitsdurchmesser korrigieren<br>• Rollachsen parallelrichten<br>• Rollen umdrehen, wenn es die Gewindelänge zulässt oder zum Nachschleifen einsenden |



# Gewindewalzen

| festgestellter Fehler | eventuelle Ursache | Abhilfe |
|---|---|---|
| Ausbrechen der Gewindeflanken aus dem Rollwerkzeug  | • falscher Anfasungswinkel am Werkstück<br>• überdrückt<br>• Drehzahl zu hoch<br>• Material zu hart<br>• Rollen axial nicht parallel | • nach Tabelle anfasen<br>• Korrektur der Zustellung<br>• Drehzahl reduzieren<br>• eventuell thermisch behandeln<br>• Rollachsen parallelrichten |
| Steigungsfehler am Werkstück  | • Achsschwenkungen der Rollspindel ungenau<br>• Materialerwärmung<br>• materialbedingt | • Prüfung der Steigungswinkeleinstellung<br>• Kühlmittelzufuhr erhöhen, Durchlaufgeschwindigkeit reduzieren<br>• eventuell Rollwerkzeug oder Einstellwinkel korrigieren |
| gerolltes Gewinde ist nicht toleranz-haltig  | • Vorarbeitsdurchmesser zu groß oder zu klein<br>• Gewindeprofil der beiden Rollen stimmen nicht überein<br>• überdrückt<br>• Rollwerkzeuge defekt | • Vorarbeitsdurchmesser korrigieren<br>• Einstellen des Gewindeprofils durch axiale Rollspindelversetzung<br>• Korrektur der Zustellung<br>• Rollwerkzeuge nachschleifen |
| Werkstück erhält beim Einstech-verfahren leichten axialen Vorschub  | • Verunreinigungen unter dem Auflagensupport<br>• Auflagelineal zu hoch oder zu tief<br>• Gewindeprofil der beiden Rollen stimmt nicht überein<br>• Rollen nicht parallel<br>• Vorarbeitsdurchmesser zu klein<br>• Schwenkskala nicht auf „0“ eingestellt<br>• Rollwerkzeug defekt | • reinigen<br>• Einstellungen überprüfen<br>• Einspuren der Rollen prüfen<br>• Distanzlänge kontrollieren, Parallelrichten der Rollwerkzeuge<br>• Vorarbeitsdurchmesser erhöhen, evtl. die beiden Rollwerkzeuge vertauschen<br>• Schwenkwinkel korrigieren<br>• kontrollieren lassen |
| unregelmäßiger Werkstück-durchmesser  | • Vorarbeitsdurchmesser nicht zylindrisch<br>• Rollzeit zu knapp | • Vorarbeitsdurchmesser korrigieren<br>• Rollzeit verlängern |

# Messen von Gewinden



14

Seite


**14.1 Messen von Gewinden und Gewindelehren . . . . . 450**

14.1.1 Messunsicherheit . . . . . 450
14.1.1.1 Spezifikation . . . . . 450
14.1.1.2 Theorie zur Ermittlung der Messunsicherheit . . . . . 450
14.1.1.3 Angabe der Messunsicherheit . . . . . 452
14.1.1.4 Messunsicherheit am Beispiel einer Außengewindekalibrierung . . . . 452
14.1.2 Flankendurchmesser am Außengewinde (Drei-Draht-Methode) . . . . . 454
14.1.2.1 Grundlagen zur Drei-Draht-Methode . . . . . 454
14.1.2.2 Flankendurchmesser-Messung am Außengewinde . . . . . 455
14.1.3 Flankendurchmesser am Innengewinde (Drei-Punkt-Methode) . . . . . 456
14.1.3.1 Grundlagen der Drei-Punkt-Methode . . . . . 456
14.1.3.2 Flankendurchmesser-Messung am Innengewinde . . . . . 456
14.1.3.3 Grundlagen der Zwei-Punkt-Methode . . . . . 457

**14.2 Messen von Gewindeschneidwerkzeugen . . . 458**

14.2.1 Definition von Messstellen am Gewindewerkzeug . . . . . 458
14.2.2 Anschnitt messen . . . . . 459
14.2.3 Spanwinkel messen . . . . . 460
14.2.3.1 Spanflächenformen . . . . . 460
14.2.3.2 Spanwinkelmessung . . . . . 461
14.2.4 Messen der Durchmesser am Gewindebohrer . . . . . 463
14.2.4.1 Messen des Außendurchmessers . . . . . 463
14.2.4.2 Messen des Flankendurchmessers . . . . . 464
14.2.4.3 Messen des Kerndurchmessers . . . . . 465
14.2.4.4 Messen des Anschnittdurchmessers . . . . . 465

**14.3 Normen- und Literaturverweise . . . . . 466**

## 14.1 Messen von Gewinden und Gewindelehren

### 14.1.1 Messunsicherheit

**Begriffsdefinition:**
Die Messunsicherheit stellt den Wertebereich dar, innerhalb dessen der wahre Wert der Messgröße liegt.

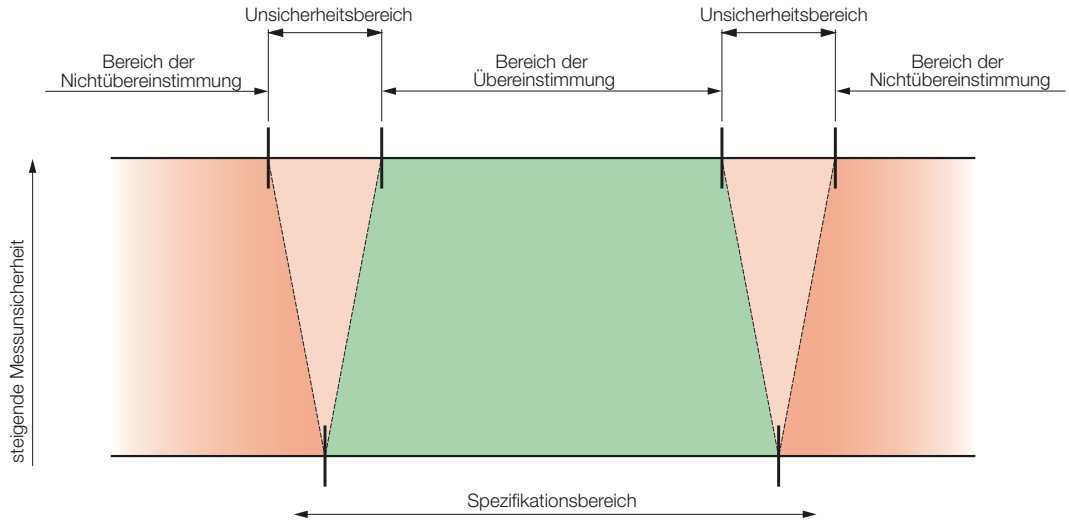
#### 14.1.1.1 Spezifikation

Ein Messergebnis wird mit Soll-Messgrößen verglichen. Dadurch wird die Entscheidung, ob eine Übereinstimmung mit den festgelegten Soll-Messgrößen (Spezifikationen) besteht, getroffen.

Für die Aussage der Übereinstimmung werden drei Bereiche definiert:

- der Bereich der Übereinstimmung
- der Bereich der Nichtübereinstimmung
- der Unsicherheitsbereich

**Spezifikation**




**Einschränkung der Übereinstimmung durch messunsicherheitsbedingte Grenzen**

#### 14.1.1.2 Theorie zur Ermittlung der Messunsicherheit

Aus der vorhergehenden Abbildung erkennt man, dass die z.B. gegebene Toleranz durch die Messunsicherheit eingeschränkt wird. Beispielsweise kann es im Bereich der Gewindelehrenfertigung bei kleinen Toleranzen (4-6 µm) schnell zu Schwierigkeiten bei der Einhaltung der Spezifikationen kommen. Bei der Fertigung von Gewindelehren bedeutet dies eine Einschränkung der tatsächlich zu nutzenden Toleranzen um die Messunsicherheit.

Die Messunsicherheit nimmt somit eine zentrale Rolle in der Fertigung und Abnahmeprüfung von Produkten ein. Die Messunsicherheit muss bewertet und abgeschätzt werden können. Ein Verfahren dazu bietet die Ermittlung der Messunsicherheit nach GUM. Es liefert ein konsistentes, schrittweise abarbeitbares Verfahren zur Bewertung und Angabe der Messunsicherheit.

# Messen von Gewinden

Eine Messgröße ist von vielen Einflussgrößen abhängig:




Die Summe aller Einflussgrößen ist die Messunsicherheit.
In der Praxis können die Einflussgrößen über Messreihen mit wechselnden Eingangsgrößen bestimmt werden. Dabei gilt:
Die best geschätzte Messgröße ist immer der arithmetische Mittelwert $\overline{m}$ aus den Einzelmessgrößen $m_i$.

$$\overline{m} = \frac{1}{n} \sum_{1}^{n} m_i \qquad [1]$$

Die Standardmessunsicherheit ergibt sich aus der Häufigkeitsverteilung der Einzelmessgrößen einer Messreihe. Diese Häufigkeitsverteilung wird durch die Varianz der Messgrößen geschätzt.

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} (m_i - \overline{m})^2 \qquad [2]$$

Die Quadratwurzel dieses Wertes ist die Standardabweichung der Einzelmessung. Die Varianz $s^2$ für das arithmetische Mittel einer Messreihe wäre dann:

$$s^2(\overline{m}) = \frac{s^2(m)}{n-1} \qquad [3]$$

Die Standardmessunsicherheit **u** ist die Standardabweichung $s(\overline{m})$ des Mittelwertes aus der Einzelmessreihe (Quadratwurzel aus [3]).

$$u(\overline{m}) = s(\overline{m})$$

Die Gesamtmessunsicherheit setzt sich nun aus der Quadratwurzel der Summe der Quadrate der einzelnen Standardmessunsicherheiten zusammen.

$$u^2(y) = \sum_{i=1}^{n} \left[ c_i^2 \, u^2(m_i) \right]$$

$c_i$ ist der so genannte Sensitivitätskoeffizient, er dient als Faktor für die unterschiedliche Gewichtung der Einflussgrößen. Die Gewichtung kann aus Modellrechnungen, als Schätzwert oder aus einem Datenblatt eines Messmittelherstellers entnommen werden.

Die Angabe der Messunsicherheit **u** erfolgt in vielen Fällen als so genannte erweiterte Messunsicherheit $u_2$, d.h., die Messunsicherheit wird um den Faktor **k** = 2 erweitert

$$u_2 = k \cdot u$$

**k** = 2 bewirkt, dass die Bandbreite der Messunsicherheit mit einer höheren Wahrscheinlichkeit den wahren Wert beinhaltet (Überdeckungswahrscheinlichkeit ca. 95 %).

### 14.1.1.3 Angabe der Messunsicherheit

Ein Kalibrierschein muss die Anforderungen des Dokumentes **DKD-5** (EAL-R1) erfüllen. Der Kalibrierschein muss u.a. generelle Angaben zur Rückführung der Messergebnisse und die damit verbundene Messunsicherheit enthalten.
In **DKD-5** heißt es ausdrücklich, dass die Bewertung der Messergebnisse unter Einschluss der Messunsicherheit zu erfolgen hat (siehe auch Abbildung in **Kapitel 14.1.1.1**).

**Beispiel:**
*„Die Messwerte liegen unter den vorgenannten Mess- und Umgebungsbedingungen und unter Berücksichtigung der Messunsicherheit innerhalb der DIN 103-9 vorgegebenen Toleranzen für die Lehrenmaße."*

Dies bedeutet, die Toleranzgrenzen können durchaus durch die Messunsicherheit erweitert werden. Eine entsprechende Vereinbarung ist mit dem Abnehmer und dem Partner zu treffen, welcher die Messung durchführt (siehe DIN EN ISO 14253-1).
An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die genannte Vorgehensweise bis zu einem Verhältnis Toleranz zu Messunsicherheit (3:1) in der Praxis aus fertigungs- und messtechnischen Gründen oft unumgänglich ist.

### 14.1.1.4 Messunsicherheit am Beispiel einer Außengewindekalibrierung

Die Messung des Flankendurchmessers $\mathbf{d_2}$ am Außengewinde wird, wie in **Kapitel 14.1.2** erläutert, durchgeführt:

$$d_2 = M - d_D - \left(1 + \frac{1}{\sin \beta}\right) + \frac{1}{2} \cdot P \cdot \cot \beta + u_i$$

M = Prüfmaß
$d_D$ = Drahtdurchmesser

Es werden folgende Eingangsgrößen $\mathbf{u_i}$ zur Bestimmung der Messunsicherheit herangezogen:

$u_M$ = Standardunsicherheit der gemessenen Länge (Prüfmaß)
$u_D$ = Standardunsicherheit des kalibrierten Wertes des Messdrahtes
$u_K$ = Unsicherheit der Messkraft
$u_a$ = Standardunsicherheit des Gewindeflankenwinkels
$u_P$ = Standardunsicherheit der Steigungsmessung
$u_F$ = Formabweichungen des Gewindelehrdornes

Die Fehlereinflüsse für den Flankendurchmesser $\mathbf{d_2}$ ergeben sich aus der partiellen Ableitung der vorhergehenden Formel.

Standardunsicherheit für das gemessene Prüfmaß:

$$u_M = \delta\,(\Delta M)$$

Fehler infolge von Abweichungen der Messdrähte vom Sollwert, mit welchem die Prüfmaßformel berechnet wird:

$$u_{dD} = \delta\,(\Delta d_D)$$

Dies bedeutet, dass jede Abweichung des Drahtdurchmessers bei metrischen Gewinden mit 60° Gewindeprofilwinkel mit dem Faktor 3 als Fehler in das Messergebnis einfließt:

$$\Delta d_{2dD} = -\left(1 + \frac{1}{\sin \beta}\right) \cdot \Delta d_D = -3\Delta d_D$$

Fehler infolge einer Gewindeprofilwinkel-Abweichung:

$$u_2\beta = \delta\,(\beta)$$

Würde man den idealen Messdrahtdurchmesser wählen, so würde dieser im Flankendurchmesser an der Stelle anliegen, wo die Lückenweite des Gewindeprofiles der halben Sollteilung (Zahnbreite) entspricht:

$$\Delta d_2\,\beta = \frac{(P/2 - d_D \cdot \cos\beta) \cdot \Delta\beta}{\sin^2\beta}$$

Dann wäre:

$$\Delta d_2\,\beta = 0$$

Damit ergibt sich der ideale Drahtdurchmesser mit:

$$d_{D0} = \frac{P}{2 \cdot \cos\beta}$$

Der Einfluss der Winkelabweichung auf den Flankendurchmesser wird um so größer, je mehr der Draht vom Idealdraht abweicht. Je steiler die Gewindeprofilwinkel werden, um so wichtiger ist es, mit nahezu idealen Messdrähten zu messen:

Für $\beta = 30°$ $\quad \Delta d_2\,\beta = 0{,}504 \cdot (d_D - d_{D0}) \cdot \Delta\beta$

Für $\beta = 15°$ $\quad \Delta d_2\,\beta = 2{,}097 \cdot (d_D - d_{D0}) \cdot \Delta\beta$

**Praktisches Beispiel:**
Es soll ein Gewinde-Gut-Lehrdorn M 24 x 1,5 - 6H kalibriert werden.

| | |
|---|---|
| Flankendurchmesser $d_2$: | 23,0380 ± 5,5 µm |
| Kalibrierdorn: | 50,000 mm |
| Drahtdurchmesser $d_D$: | 0,895 mm |
| Messkraft: | 2 N |

Das Unsicherheitsbudget würde wie folgt ermittelt:

| Größe | unsicherer Messwert | Standard-Abweichung | Empfindlichkeits-koeffizient $c_i$ | Unsicherheits-betrag $u_i(y)$ |
|---|---|---|---|---|
| $u_M$ | 50,001 | 0,4 µm | 1 | 0,4 µm |
| $d_D$ | 0,895 | 0,2 µm | 3 | 0,6 µm |
| $u_K$ | 2N | 0,1 µm | 1 | 0,1 µm |
| $u_a$ | 29,8° | 1,3' | 0,35 µm / rad | 0,0001 |
| $u_P$ | 1,5 | 0,5 µm | 0,866 | 0,433 µm |
| $u_F$ | 0 | 0,2 µm | 1 | 0,2 µm |
| $u_{d2}$ | 23,0350 | | | 0,870 µm |

Die erweiterte Messunsicherheit wäre dann:

$$u_2 = k \cdot u_{(d2)} = 2 \cdot 0{,}870\ \mu m = 1{,}74\ \mu m$$

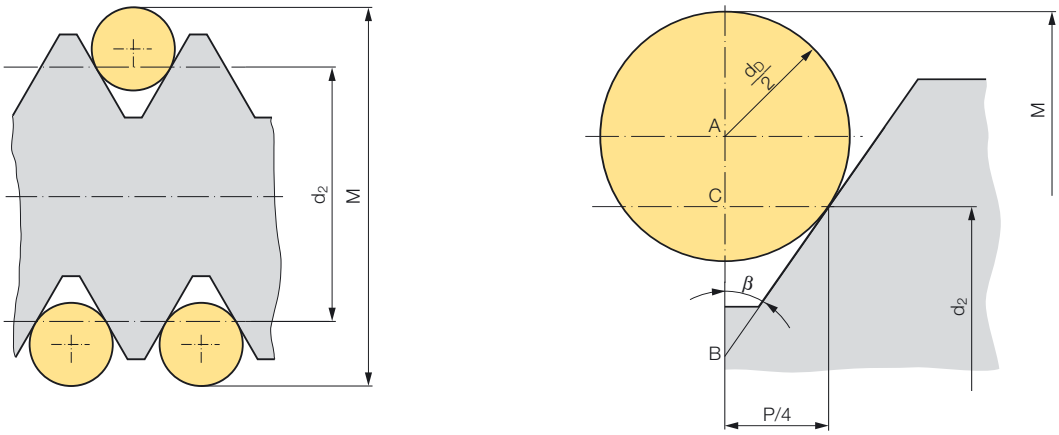
Damit liegt der wahre Messwert des Flankendurchmessers im Bereich 23,0380 ± 1,74 µm.
Eine genaue Anleitung des Verfahrens mit Beispielen zur Bestimmung der Messunsicherheit bei Gewindelehren finden Sie in der Publikation **EA-10/10**.

## 14.1.2 Flankendurchmesser am Außengewinde (Drei-Draht-Methode)

### 14.1.2.1 Grundlagen zur Drei-Draht-Methode

Ein Außengewinde (Gewinde-Lehrdorn) wird am häufigsten zwischen flachen Tastern mit drei Drähten als Tastelement gemessen. Ist der Zylindermantel zur Messachse exakt senkrecht ausgerichtet, können zwei Messdrähte verwendet werden.

**Kalibrierung eines Außengewindes mit drei Messdrähten:**



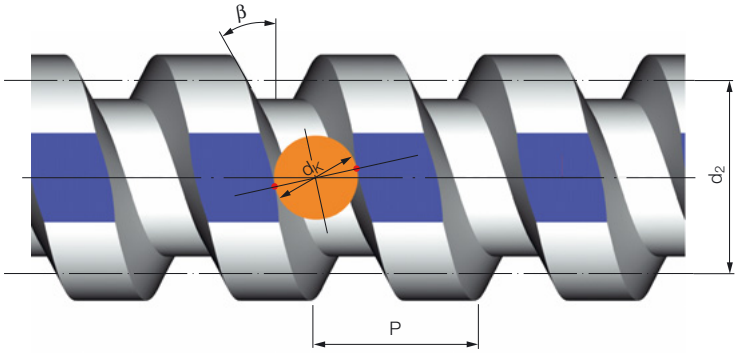

Der Flankendurchmesser $\mathbf{d_2}$ nach obenstehender Abbildung wäre wie folgt herzuleiten:

Berechnungsformel des Flankendurchmessers:

$$d_2 = M - d_D - 2AB + 2BC = M - d_D - \left(1 + \frac{1}{\sin \beta}\right) + \frac{1}{2} \cdot P \cdot \operatorname{cotan} \beta$$

Die in der Formel angenommenen Verhältnisse beziehen sich auf den Axialschnitt des Gewindes. Es wird angenommen, dass der Messdraht an zwei gegenüberliegenden Punkten im Axialsschnitt in der Gewindeflanke anliegt. Im realen Gewinde liegt der Messdraht unter dem Steigungswinkel, aber vor und hinter dem Axialschnitt an.

**Anlageverhältnisse Messdraht:**




Somit muss in der Formel zur Berechnung des Flankendurchmessers dieser Fehler korrigiert werden. Man spricht hier von der Messdrahtanlagenkorrektur. In einer Näherungsformel lässt sich die Anlagenkorrektur bestimmen:

Berechnungsformel der Anlagenkorrektur:

$$A = \frac{d_D \cdot P^2 \cdot \cos \beta \cdot \operatorname{cotan} \beta}{2\pi^2 \cdot d_2^2}$$

Für Messdrähte, welche nicht von den gebräuchlichen Messdrahtreihen abweichen und somit nahe dem theoretischen Flankendurchmesser liegen, reicht diese Näherung völlig aus.
Die Anlagenkorrektur ist der Berechnungsformel des Flankendurchmessers zu addieren. In Prüfmaßtabellen ist die Anlagenkorrektur bereits eingerechnet. Wegen der Messkraft werden die Messdrähte am Gewinde abgeplattet. Dies bedeutet eine weitere Korrektur der Berechnungsformel des Flankendurchmessers. Das Prüfmaß wird um die Messdrahtabplattung kleiner. Die Berechnungsformel der Messdrahtabplattung $\delta_k$ ist nach Dr. Ing. Hellmuth Bochmann:

$$\delta_k = 4 \cdot \sqrt[3]{\frac{F^2\,[mm]}{d_D\,[kp]^2}} \cdot \mu m \quad \triangleq \quad 4 \cdot \sqrt[3]{\frac{F^2\,[mm]}{10\,d_D\,[N]^2}} \cdot \mu m$$

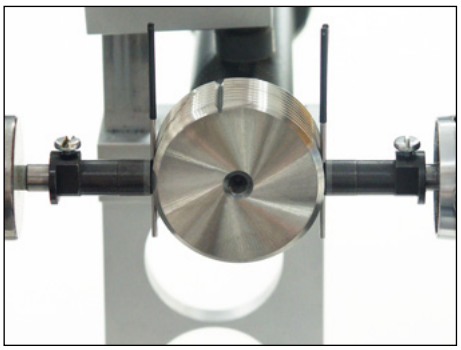
Die üblichen Messkräfte **F** für Gewindemessungen auf Längenmessmaschinen beträgt 2 N. Bei Handmessschrauben liegen die Messkräfte zwischen 5 N und 9 N.
Die einzelnen Ableitungen nach den Fehlerfaktoren ergeben Fehlereinflüsse für den Flankendurchmesser (siehe **Kapitel 14.1.1.4**).

### 14.1.2.2 Flankendurchmesser-Messung am Außengewinde

Die Bestimmung des Prüfmaßes für die Berechnung des Flankendurchmessers bei Außengewinden erfolgt mittels der Drei-Draht-Methode (senkrecht zur Gewindeachse) und mittels Zwei-Draht-Methode (geneigt zur Gewindeachse).

Bei der Messung mit dem Längenmessgerät nach der Drei-Draht-Methode ist wie folgt vorzugehen:

1. Gegebenenfalls Kalibrieren der Messeinrichtung.
2. Einlegen der ausgewählten Gewinde-Messdrähte in die Gewindegänge im vorderen Bereich.
3. Ermitteln des Umkehrpunktes. Dazu Gewindeachse solange parallel verschieben, bis bei Anlage sämtlicher Prüfstifte ein größtmöglicher Messwert angezeigt wird. Danach Winkellage zwischen Messrichtung des Messelementes und der Gewindeachse verändern, bis ein geringstmöglicher Abstand von Messamboss und Messspindel angezeigt wird.
4. Übernahme des am Längenmessgerät angezeigten Wertes.
5. Wiederholen der Schritte 3 und 4 für letzten Gewindegang.
6. Drehen des Kalibriergegenstandes um 90° um die Gewindeachse und Wiederholen der Schritte 2 bis 5.



In **Kapitel 14.1.1.2** ist die Berechnung der Messunsicherheit dargestellt.

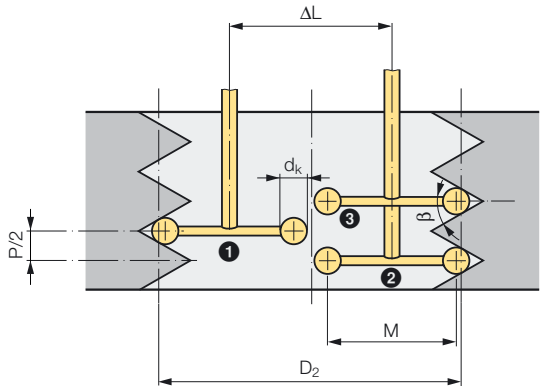


# Messen von Gewinden

## 14.1.3 Flankendurchmesser am Innengewinde (Drei-Punkt-Methode)

### 14.1.3.1 Grundlagen der Drei-Punkt-Methode

Das Verfahren nutzt eine doppelendige, kugelförmige Tastnadel. Die gemessene Verschiebung ist der Mittelwert zwischen Position ❶ bis ❷ und Position ❷ bis ❸.
Werden alle drei Punkte angefahren, ist die Ausrichtung des Wälzzylinders (Gewindeachse) unerheblich. Ist die Gewindeachse exakt ausgerichtet, kann auch die Zwei-Punkt-Methode ausreichen.




Die Größe M entspricht dem Abstand der Mittelpunkte der Tastkugeln (Tasterkonstante).

Die Berechnung des Flankendurchmessers aus dem Prüfmaß, den Istparametern des Gewindes, sowie den Kugeldurchmessern erfolgt nach den angegebenen Berechnungsformeln des Flankendurchmessers und der Anlagenkorrektur, die Korrektur der Abplattung erfolgt nach der Berechnungsformel der Messdrahtabplattung (siehe **Kapitel 14.1.2.1**).

Prüfmaß:

$$m = \Delta L + M - d_k$$

Bestimmung des Flankendurchmessers $\mathbf{D_2}$ am Innengewinde ohne Korrekturen:

$$D_2 = \Delta L + M + d_k - \left(1 + \frac{1}{\sin \beta}\right) + \frac{1}{2} \cdot P \cdot \operatorname{cotan} \beta$$

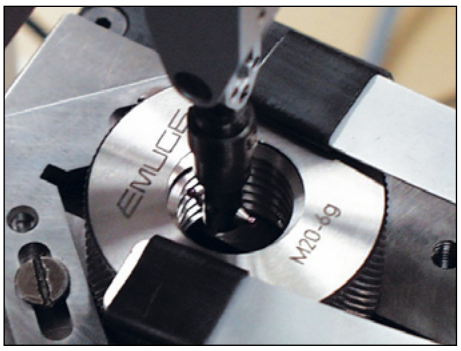
### 14.1.3.2 Flankendurchmesser-Messung am Innengewinde

Die Bestimmung des Prüfmaßes für die Berechnung des Flankendurchmessers bei Innengewinden erfolgt mittels Drei-Punkt-Methode (senkrecht und geneigt zur Gewindeachse). Die Drei-Punkt-Methode mit senkrechter Gewindeachse wird auch als Drei-Kugel-Methode bezeichnet.

Bei der Messung mit dem Längenmessgerät ist wie folgt vorzugehen:

1. Ermitteln der Tasterkonstanten M des Messtasters am Einstellring mit bekanntem Durchmesser.
2. Messebene in der Nähe des ersten Gewindeganges einstellen.
3. Aufnehmen von drei Messwerten im Gewindegang gemäß o.a. Abbildung. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass die Antastungen in **einem** Achsschnitt erfolgen. Die Umkehrpunktsuche erfolgt durch Verfahren des Messtisches senkrecht zur Messrichtung.
4. Flankendurchmesser aus den drei Messwerten unter Berücksichtigung der Tasterkonstanten berechnen.
5. Schritt 3 und 4 für den gesamten Bereich des Gewindes wiederholen.
6. Drehen des Kalibriergegenstandes um 90° um die Gewindeachse und Wiederholen der Schritte 2 bis 5.

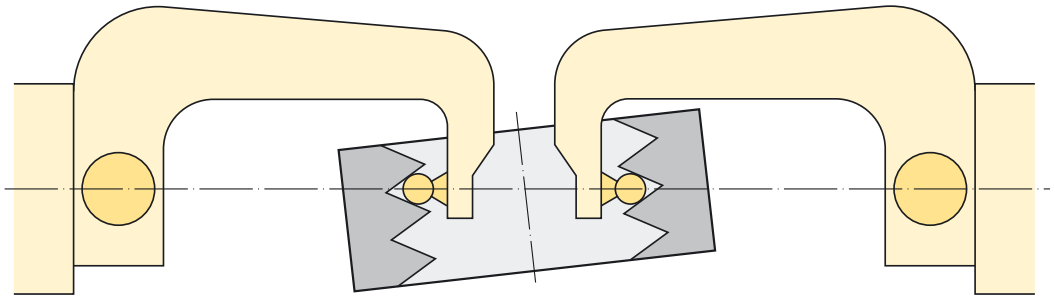
Beim Messen ist auf eine korrekte Anlage der Messkugel im Flankendurchmesser zu achten.




In **Kapitel 14.1.1.2** ist die Berechnung der Messunsicherheit dargestellt.

### 14.1.3.3 Grundlagen der Zwei-Punkt-Methode

Das Verfahren der Zwei-Punkt-Methode, oder auch Zwei-Kugel-Methode genannt, nutzt zwei Messbügel mit je einer angebrachten Messkugel, welche beide in der Messachse liegen.



Die Messkugelanlage ist in gegenüberliegenden Gewindeflanken um die halbe Steigung versetzt. Bei dieser Messmethode ist wichtig, dass sich das zu messende Gewinde zwangsfrei zur Messrichtung einstellen kann. Der Flankendurchmesser ist durch die Suche des Umkehrpunktes (Heben und Senken) des Messtisches zu bestimmen.
Für dieses Verfahren gelten die gleichen Berechnungsformeln des Flankendurchmessers und der Anlagenkorrektur wie in **Kapitel 14.1.2.1** angegeben.

## 14.2 Messen von Gewindeschneidwerkzeugen

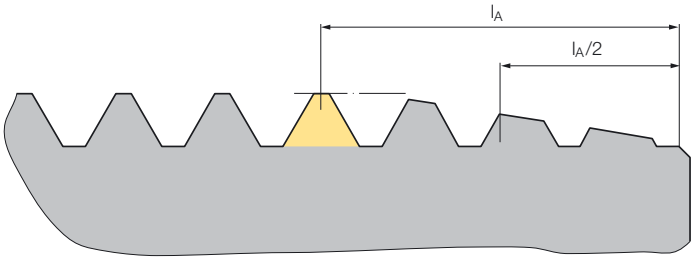
Die Vermessung von Gewindeschneidwerkzeugen ist stark produkt- und somit herstellerbezogen. Die unterschiedlichen Festlegungen von Messstellen und Prüfmerkmalen macht eine Vergleichbarkeit von Messergebnissen verschiedener Hersteller oftmals schwierig.

Die technischen Lieferbedingungen für Gewindebohrer DIN 2197 (ISO 8830) stellen hingegen eine Grundlage zur Abnahmeprüfung von genormten Gewindebohrern dar. Darüber hinaus werden Prüfkriterien an Gewindeschneidwerkzeugen und deren Messverfahren vom Hersteller selbst festgelegt.

Im Folgenden soll ein kurzer Überblick der gängigen Messverfahren und deren Vor- und Nachteile aufgezeigt werden.

### 14.2.1 Definition von Messstellen am Gewindewerkzeug

**Der erste vollschneidende Zahn**
ist der Zahn, der im Bereich der Spanfläche (Schneidbrust der Hauptschneide) keinen Anschliff durch den Anschnittschliff mehr hat (erster Zahn mit vollem Gewindeprofil). In vielen Fällen lässt sich dies durch Drehen des Werkzeuges in Schneidrichtung und gleichzeitiger Verfolgung der Gewindegänge am Kopfkreis ermitteln.




**Der erste Zahn des Anschnittes**
ist der kleinste Zahn im ersten Gang des Anschnittes.

**Der mittlere Zahn des Anschnittes**
kann durch Abzählen der Gänge bis zum ersten vollschneidenden Zahn ermittelt werden, wobei der mittlere Zahn nicht auf dem Zahnsteg des ersten vollschneidenden Zahns liegen muss. Exakter ist die Bestimmung des mittleren Anschnittzahns durch die Postionierung des Strichokulars (Fadenkreuz) eines Messmikroskops auf $l_A/2$. Dazu wird die Anschnittlänge gemessen und $l_A/2$ am Messmikroskop eingestellt. Danach wird das Werkzeug solange gedreht, bis ein Zahn möglichst auf gesamte Länge im Strichokular liegt.

## 14.2.2 Anschnitt messen

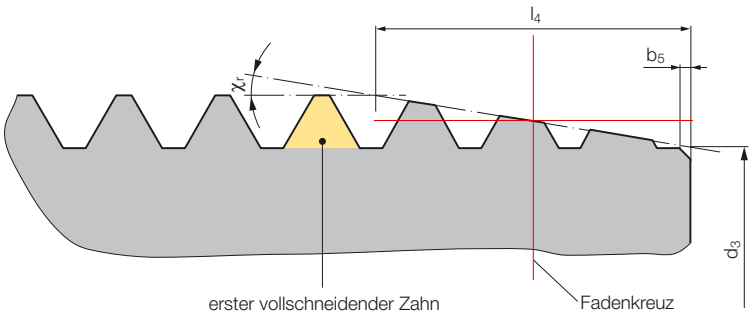
Begriffsdefiniton siehe **Kapitel 8.3.1**
Normenverweis DIN 2197

### Gewindebohrer

Der Anschnitt ist entscheidend für das Schneidverhalten des Gewindebohrers. Das Schnittmoment steigt mit jedem zusätzlich schneidenden Anschnittzahn. Durch die Wahl des Anschnitthinterschliffes wird die Maßhaltigkeit des geschnittenen Gewindes je nach Werkstoff beeinflusst.

| Messgrößen | Messstelle | Mögliche Messmittel | Verfahren |
|---|---|---|---|
| Anschnittdurchmesser $d_3$ | Erster Zahn des Anschnittes | Mikroskop, Profilprojektor | optisch |
| Anschnittfasenbreite $b_5$ | | Mikroskop, Profilprojektor | optisch |
| Anschnittlänge $l_4$ | | Mikroskop, Profilprojektor | optisch |
| Einstellwinkel $\chi_r$ | | Mikroskop, Profilprojektor | optisch |
| Anschnitthinterschliff auf Zahnbreite $h_a$ | $l_4/2$ | Messuhr, Hinterschliffdiagramm-schreiber mit Induktivtaster | tastend |

**Anschnitt und Messzahn:**





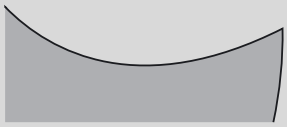
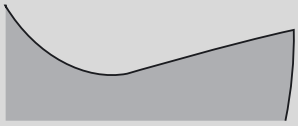
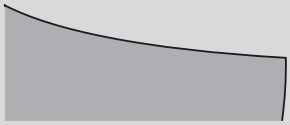
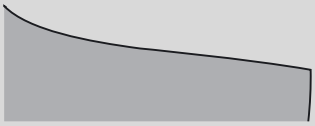
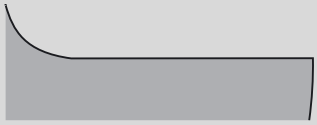
# Messen von Gewinden

## 14.2.3 Spanwinkel messen

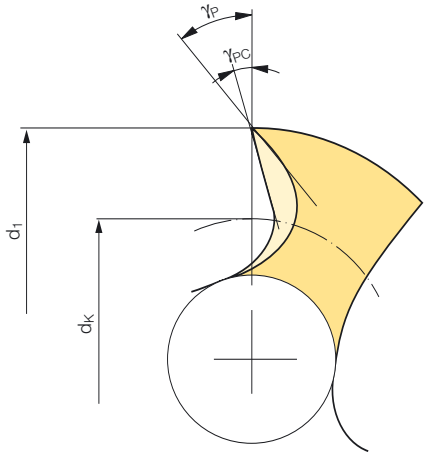
Begriffsdefiniton siehe **Kapitel 8.3.1**
Normenverweis DIN 2197, EN 25967

### 14.2.3.1 Spanflächenformen

Der Spanwinkel am Gewindewerkzeug kann auf unterschiedliche Art ermittelt werden. Es gibt keine normierte Vorgehensweise zur Spanwinkelmessung. Die Ermittlung des Spanwinkels $\gamma_P$ erfolgt nach Herstellerangaben oder nach Vereinbarung.

| konkave Spanflächen | gerade Spanflächen |
|---|---|
| positiv | positiv |
|  |  |
| negativ | negativ |
|  |  |
| null | |
|  | |

| | |
|---|---|
| $\gamma_P$ | Spanwinkel bei bogenförmiger Spanfläche |
| $\gamma_{PC}$ | Spanwinkel |
| $d_1$ | Gewindenenndurchmesser |
| $d_K$ | Kerndurchmesser Gewindewerkzeug |



### 14.2.3.2 Spanwinkelmessung

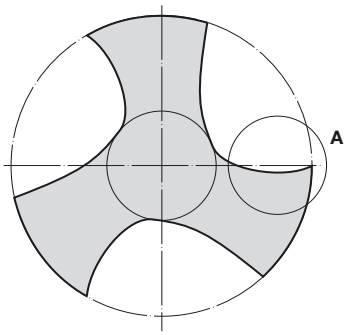
Theoretisch ist die Betrachtungsweise des Spanwinkels an der Stelle der Spanentstehung interessant. Alle gängigen Varianten der Spanwinkelmessung beruhen auf dem gleichen Prinzip. Sie unterscheiden sich nur in der Form der Erfassung (mechanisch oder optisch) und in der Festlegung der Messpunkte. Da die Vergleichbarkeit durch die unterschiedliche Festlegung der Messstellen der einzelnen Varianten nicht gegeben ist, ist es erforderlich, sich auf eine Messmethode zu einigen.

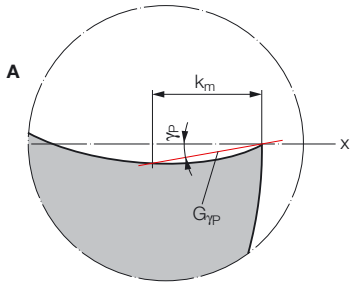
**Methode 1:**
In dieser Betrachtungsweise wird die Messstrecke $l_h$ gleich der Spanungsdicke **h** gesetzt ($l_h = h$).
Die Spanungsdicke $h = f$ (Steigung **P**, Zahnstollenzahl ≙ Nutenzahl des Werkzeuges **Z**, Einstellwinkel $\chi_r$)

$$h = \frac{P}{Z} \cdot \sin \chi_r$$

**Nachteil:**
In der Praxis treten besonders bei Feinsteigungen sehr geringe Messtiefen auf, welche bei mechanischem Antasten oft nur schwer realisierbar sind und eine Fehlerquelle darstellen. Deshalb wird oft auf Methode 2 zurückgegriffen.

**Methode 2:**
Der Spanwinkel $\gamma_P$ ergibt sich dabei wie folgt:




**Für genormte Gewindeprofile gilt:**
Die Messtiefe $k_m$ ergibt sich dabei aus einem Faktor **k** und der Gewindesteigung **P**

$$k_m = k \cdot P$$

Der Faktor **k** liegt üblicherweise bei 0,5.

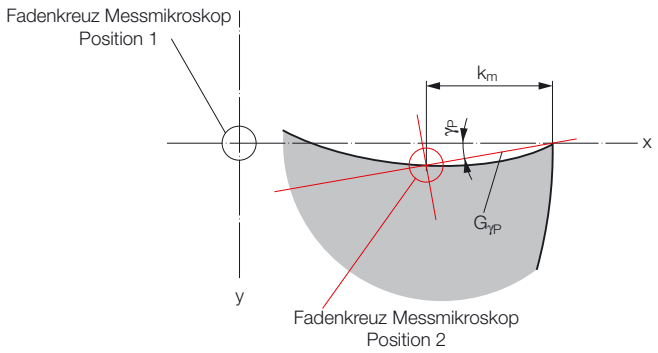
**Für abnormale Gewindeprofile kann folgende Formel herangezogen werden:**

$$k_m = \frac{\text{Außendrm. Gewindewerkzeug - Kerndrm. Gewindewerkzeug}}{2}$$

**Nachteil:**
Im Vergleich zu einer geraden Spanfläche treten keine Unterschiede auf, obwohl der Spanwinkel bei konkaven Spanflächen größer sein müsste. Es tritt mit Methode 2 also immer ein kleinerer Spanwinkel als bei Methode 1 auf.

# Messen von Gewinden

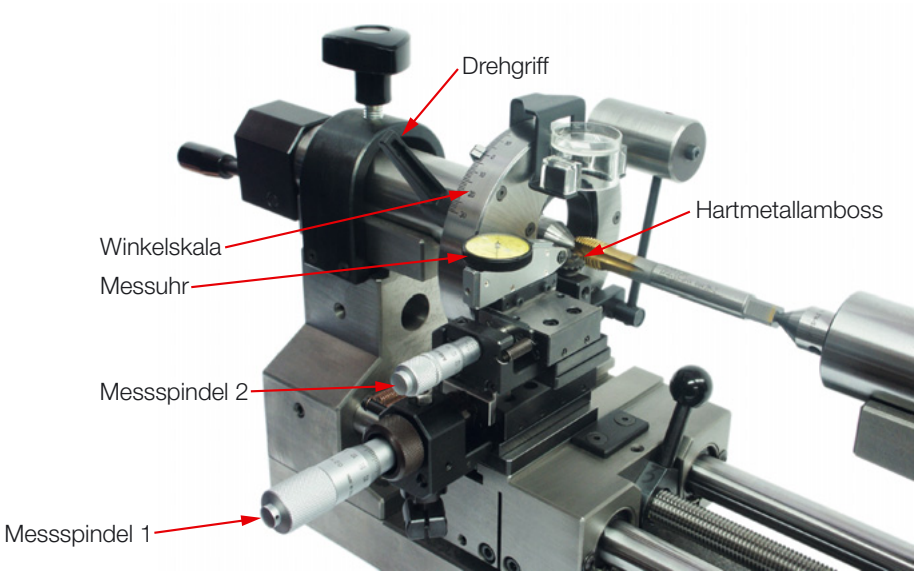
**Methode 3:**
Diese Methode soll nur der Vollständigkeit halber erwähnt werden.
Als Methode 3 käme eine optische Erfassung der Abbildung in **Kapitel 14.2.3.1** gezeigten Spanflächenformen in Frage.




1. Stirnseitige Draufsicht auf Werkzeug in der Messebene.
2. Dabei wird das Fadenkreuz (Position 1) durch den Werkzeugmittelpunkt gelegt.
3. Verfahren auf Messtiefe $k_m$ in x-Richtung
4. Fadenkreuz mit Spanflächenkontur durch Zustellung in y-Richtung in Deckung bringen.
5. Schwenken des Fadenkreuzes, bis Schneidkante des Gewindezahnes geschnitten wird (Position 2).

**Nachteil:**
Erfordert häufig die Zerstörung des Werkzeuges durch einen Querschliff in der Messebene.

**EMUGE-Spanwinkelmessgerät zur direkten Ablesung des Spanwinkels:**

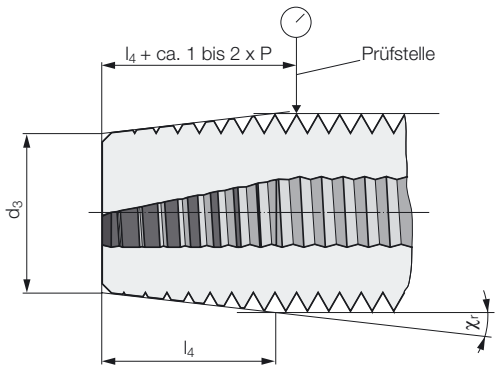



**Tastschnittverfahren (Nutenprofilabtastung)**

Wenn der Werkzeugmittelpunkt bekannt ist, kann mittels Aufzeichnung des Nutenprofils über das Tastschnittverfahren der Spanwinkel nach Messmethode 1 oder 2 bestimmt werden.

### 14.2.4 Messen der Durchmesser am Gewindebohrer

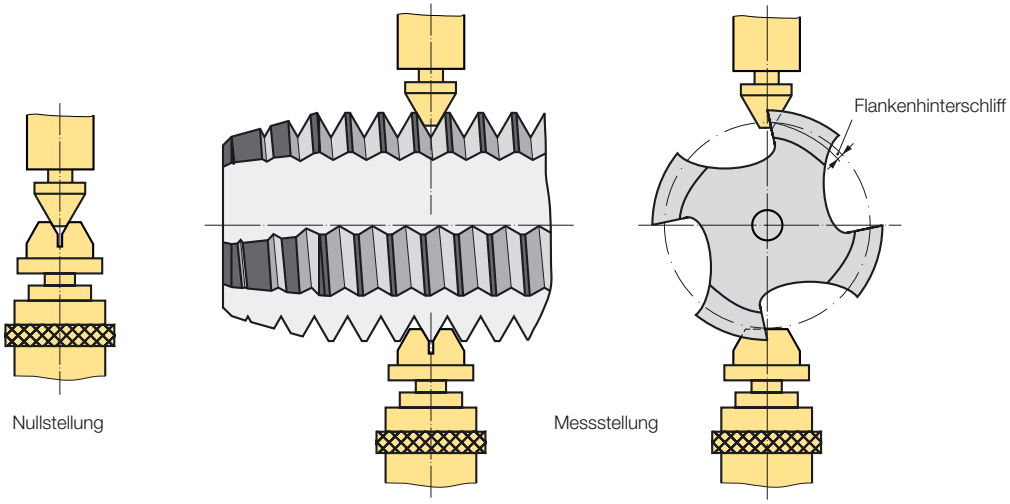
Für Außen-, Flanken- und Kerndurchmesser ist die Prüfstelle im Bereich des ersten bis zweiten Gewindeganges hinter dem Anschnitt, bei mehrgängigem Gewinde im Bereich des ersten bis vierten Gewindeganges hinter dem Anschnitt. Die Prüfwerte sind den Tabellen mit den Herstellungstoleranzen des Gewindeteils zu entnehmen (für Metrisches ISO-Gewinde nach DIN EN 22857, siehe **Kapitel 8.6.7**).




#### 14.2.4.1 Messen des Außendurchmessers

Die Messung des Außendurchmessers erfolgt bei geraden Nutenzahlen mit der einfachen Bügelmessschraube (Mikrometer). Für Gewindebohrer mit ungeraden Nutenzahlen werden spezielle Feinzeiger-Rachenlehren mit auswechselbaren Messeinsätzen angewandt. Natürlich können solche Messungen auch auf Messmaschinen oder Messmikroskopen durchgeführt werden.

**Flankendurchmesser-Direktmessung:**



### 14.2.4.2 Messen des Flankendurchmessers

Zur Messung des Flankendurchmessers werden Gewindemessschrauben, entsprechend den jeweiligen Gewindesteigungen, verwandt. Die Messeinsätze müssen dem jeweiligen Gewindeprofil und der Gewindesteigung angepasst sein. Die Messmethode für Gewindebohrer mit gerader Nutenzahl zeigt die Abbildung in **Kapitel 14.2.4.1**. Die Messung erfolgt am höchsten Punkt des Zahnstollens (Spanflächenseite).
Der Flanken-Hinterschliff $\mathbf{h_f}$ auf Zahnbreite $\mathbf{Z_b}$ bezogen auf den Durchmesser, ist die Differenz zwischen der Messung an der o.g. Spanfläche und am Zahnrücken. Der Flanken-Hinterschliff auf Zahnbreite pro Zahn ist die Hälfte dieses Messwertes. Da bei Gewindebohrern nur sehr kleine Freiwinkel vorkommen, kann der Freiwinkel $\alpha$ durch die Formel

$$\alpha = \text{arc tan} \frac{h_f}{Z_b}$$

hinreichend genau bestimmt werden.

Die Bestimmung des Flankendurchmessers von Gewindebohrern kann auch nach der Drei-Draht-Methode, in Verbindung mit Bügelmessschrauben oder Längenmessmaschinen, erfolgen (siehe **Kapitel 14.1.2**).

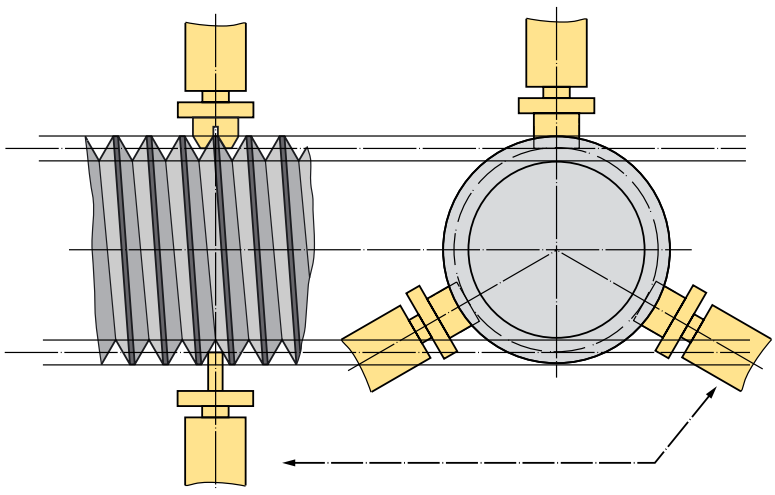
Das Gewindeteil von Gewindebohrern ist in der Regel zur Schaftseite hin verjüngt. Eine Konizität von 1:1000 ist üblich. Diese Verjüngung im Flankendurchmesser kann durch eine Messung am Gewindeende festgestellt werden. Der Wert der Konizität ergibt sich auf Grund der Flankendurchmesser-Differenz und der Gewindelänge.

Messstellen-Beispiel: bei einer angenommenen Länge des Gewindeteils von 20 mm ist die Verjüngung

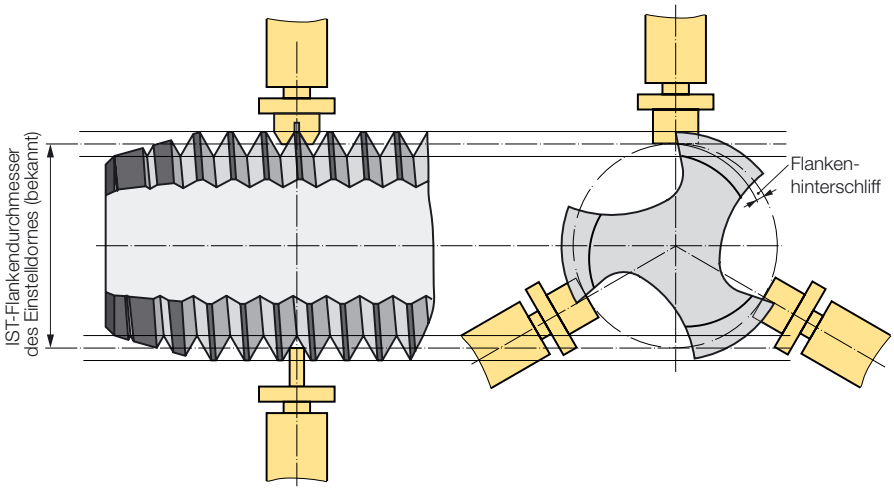
$$\frac{1 \times 20}{1000} = 0{,}02 \text{ mm}$$

Für Gewindebohrer mit ungeraden Nutenzahlen (3-, 5- und 7-nutig) sind zur Messung des Flankendurchmessers spezielle Feinzeiger-Gewinderachenlehren mit auswechselbaren Messeinsätzen erforderlich. Die Messmethode ist eine Flankendurchmesser-Vergleichsmessung, d.h., zur Einstellung ist ein Gewinde-Einstelldorn oder Gewinde-Gut-Lehrdorn erforderlich, dessen Flankendurchmesser bekannt ist.

**Flankendurchmesser-Vergleichsmessung:**



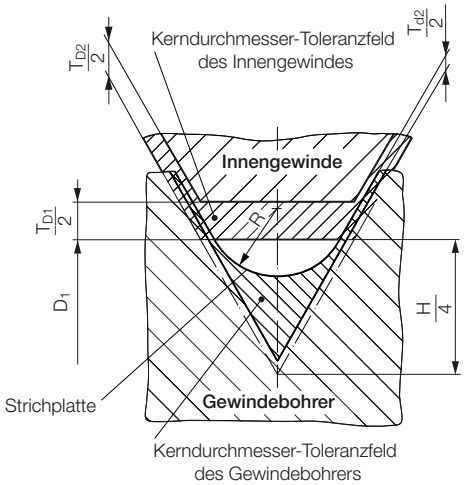
**Einstellen des Messgerätes (Ausgangsstellung)**




**Messen des Gewindebohrers (Messstellen)**

### 14.2.4.3 Messen des Kerndurchmessers

Zur Prüfung des Kerndurchmessers können die gleichen Messgeräte wie für den Flankendurchmesser verwandt werden (Gewinde-Messschraube oder Gewinde-Grenzrachenlehre), jedoch sind besondere Kerndurchmesser-Messeinsätze erforderlich.
Geprüft wird nur das Kerndurchmesser-Größtmaß. Das Kerndurchmesser-Kleinstmaß ist bei den meisten Gewindearten nicht festgelegt.
Die Form des Gewindegrundes ergibt sich zwangsläufig durch das bei der Gewindebohrerherstellung benutzte Werkzeug. Deshalb ist der Gewindegrund in seiner Form und Tiefe freigestellt. In der Praxis wird der Kerndurchmesser und die Form des Gewindegrundes im Messmikroskop durch eine Strichplatte mit dem Maximum-Profil des Bolzengewindes geprüft.




**Prüfen des Kerndurchmessers mit Strichplatte**

### 14.2.4.4 Messen des Anschnittdurchmessers

Der Anschnittdurchmesser $d_3$ (siehe Abbildung in **Kapitel 14.2.4**) muss unter dem Kleinstmaß des Gewindekerndurchmessers $D_1$ (siehe vorhergehende Abbildung) des zu schneidenden Gewindes liegen. Die Prüfwerte sind den Gewindebohrer-Maßnormen zu entnehmen.
Bei in der Maßnorm nicht festgelegten Anschnittdurchmessern gilt folgende Empfehlung:

$$d_3 = D_1 - 0{,}05 \times P \text{ (Toleranz: h13)}$$

Zur Messung des Anschnittes siehe **Kapitel 14.2.2**.

## 14.3 Normen- und Literaturverweise


1. **DIN 1319-3**
   **Grundlagen der Messtechnik**
   Teil 3: Auswertung von Messungen einer einzelnen Messgröße - Messunsicherheit
   DIN Deutsches Institut für Normung

2. **DIN 1319-4**
   **Grundlagen der Messtechnik**
   Behandlung von Unsicherheiten bei der Auswertung von Messungen
   DIN Deutsches Institut für Normung

2. **DIN EN 13005**
   **Leitfaden zur Angabe der Messunsicherheit beim Messen**
   Deutsche Übersetzung des Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM)

4. **DIN 55350-13**
   **Begriffe der Qualitätssicherung und Statistik**
   Begriffe zur Genauigkeit von Ermittlungsverfahren und Ermittlungsergebnissen

5. **DKD-3**
   **Angabe der Messunsicherheit bei Kalibrierungen**
   (Übersetzung der Publikation EAL-R2)

6. **DKD-3-E1**
   **Angabe der Messunsicherheit bei Kalibrierungen**
   Ergänzung 1: Beispiele. (Übersetzung der Publikation EA-4/02-S1: “Supplement 1 to EAL-R2 Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration”, Examples)
   PTB Braunschweig

7. **DKD-3-E2**
   **Angabe der Messunsicherheit bei Kalibrierungen**
   Ergänzung 2: Zusätzliche Beispiele. (Übersetzung des Abschnittes “Supplement 2, Examples” der Publikation EA-4/02, “Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration”)
   PTB Braunschweig

8. **DKD-5**
   **Anleitung zum Erstellen eines DKD-Kalibrierscheines**
   Deutsche Fassung der Publikation EAL-R1
   Herausgegeben von der Physikalischen-Technischen-Bundesanstalt, Braunschweig

9. **EA-10/10**
   **Guidelines on the Determination of Pitch Diameter of Parallel Thread Gauges by Mechanical Probing**
   European Cooperation for Accreditation

10. **DIN EN ISO14253-1**
    **Geometrische Produktspezifikation (GPS) – Prüfung von Werkstücken und Messgeräten durch Messen**
    Teil 1: Entscheidungsregeln für die Feststellung von Übereinstimmung oder Nicht-Übereinstimmung mit Spezifikationen (ISO 14253-1)

11. **ISO/TR 14253-2**
    **Geometrische Produktspezifikation (GPS) – Prüfung von Werkstücken und Messgeräten durch Messen**
    Leitfaden zur Schätzung der Unsicherheit von GPS-Messungen bei der Kalibrierung von Messgeräten und bei der Produktprüfung

12. „Messen von Gewinden“
**W. Langsdorf**
Springer Verlag, Berlin 1974

13. Mordhorst 2001
**Mordhorst, H.-J.: Wissensforum – Prüfmittelmanagement**
Grützner, U.; VDI-Seminar 474501, VDI-Wissensforum GmbH Düsseldorf 2001

14. VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 1.2
**Prüfmittelüberwachung**
Anweisung zur Überwachung von Messmitteln für geometrische Größen, Messunsicherheit
Beuth Verlag GmbH, Berlin

15. VIM 1994
**DIN Internationales Wörterbuch der Metrologie**
Beuth Verlag GmbH, Berlin

16. International vocabulary of basic and general terms in metrology
**2nd ed.**
ISO 1993

# 15 Gewindetabellen

Seite


**15.1 Allgemeines zu Gewinden . . . . . 470**

15.1.1 Wichtige Begriffe an Gewinden . . . . . 470

15.1.2 Gewindeübersicht nach DIN-Normen . . . . . 476

15.1.3 Gewindeübersicht nach ausländischen Normen . . . . . 481

**15.2 Metrisches ISO-Gewinde . . . . . 484**

15.2.1 Grundlagen . . . . . 484

15.2.2 Toleranzen . . . . . 487

15.2.3 Grenzmaße . . . . . 496

15.2.3.1 Metrisches ISO-Regelgewinde . . . . . 496

15.2.3.2 Metrisches ISO-Feingewinde . . . . . 502

**15.3 Metrisches DIN-Gewinde (veraltet) . . . . . 519**

**15.4 Rohrgewinde für nicht im Gewinde dichtende Verbindungen, DIN EN ISO 228 . . . 520**

**15.5 Rohrgewinde für Gewinderohre und Fittings, DIN EN 10226 . . . . . 522**

**15.6 Rohrgewinde für im Gewinde dichtende Verbindungen, ISO 7 . . . . . 525**

**15.7 Stahlpanzerrohr-Gewinde, DIN 40430 . . . . . 527**

**15.8 Metrisches Gewinde für Kabelverschraubungen, DIN EN 60423 . . . . . 528**

**15.9 Metrisches ISO-Gewinde für Gewindedrahteinsätze, DIN 8140 . . . . . 528**

**15.10 Amerikanisches Unified-Gewinde für Gewindedrahteinsätze, ASME B18.29.1 und BS 3409 . . . . . 530**

**15.11 MJ-Gewinde für die Luft- und Raumfahrt, DIN ISO 5855 . . . . . 532**

**15.12 Amerikanisches UNJ-Gewinde, ASME B1.15 und ISO 3161 . . . . . 534**

Seite

**15.13 Metrisches kegeliges Außengewinde mit zugehörigem zylindrischen Innengewinde, DIN 158 . . . . . 536**

**15.14 Metrisches ISO-Trapezgewinde, DIN 103 . . . . 539**

**15.15 Rundgewinde, DIN 405 . . . . . 544**

**15.16 Metrisches Sägengewinde, DIN 513 . . . . . 547**

**15.17 Whitworth-Gewinde, BS 84 . . . . . 550**

15.17.1 Whitworth-Gewinde BSW . . . . . 550

15.17.2 Whitworth-Feingewinde BSF . . . . . 552

**15.18 Amerikanisches Unified-Gewinde, ASME B1.1 . . . . . 554**

15.18.1 Amerikanisches Unified-Grobgewinde UNC . . . . . 554

15.18.2 Amerikanisches Unified-Feingewinde UNF . . . . . 556

15.18.3 Amerikanisches Unified-Extra-Feingewinde UNEF . . . . . 558

15.18.4 Gewindereihen . . . . . 560

**15.19 Amerikanisches zylindrisches Rohrgewinde NPSM, ANSI/ASME B1.20.1 . . . . 561**

**15.20 Amerikanisches zylindrisches Rohrgewinde NPSC, ANSI/ASME B1.20.1 . . . . 562**

**15.21 Amerikanische kegelige Rohrgewinde NPT und NPTF, ANSI/ASME B1.20.1 und ANSI B1.20.3 . . . . . 562**

**15.22 Amerikanisches zylindrisches Rohrgewinde NPSF, ANSI B1.20.3 . . . . . 565**

**15.23 Britisches Association-Gewinde BA, BS 93 . . . . . 566**

## 15.1 Allgemeines zu Gewinden

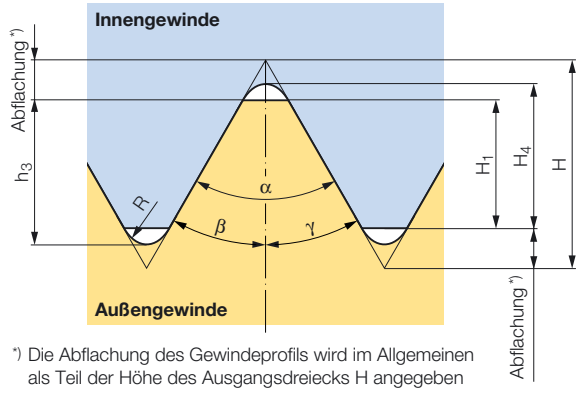
### 15.1.1 Wichtige Begriffe an Gewinden (Auszug aus DIN 2244)

Diese Norm legt die Benennungen und deren Definition sowie zugehörige Symbole für zylindrische Gewinde mit Profilen, die von Dreiecken abgeleitet sind, fest.

| Symbol | Benennung |
|---|---|
| d | Außendurchmesser des Außengewindes |
| $d_2$ | Flankendurchmesser des Außengewindes |
| $d_{2s}$ | Einfacher Flankendurchmesser des Außengewindes |
| $d_3$ | Kerndurchmesser des Außengewindes |
| $d_z$ | Durchmesser des Zylinders (auf dem eine Schraubenlinie erzeugt wird) |
| D | Außendurchmesser des Innengewindes am Grundprofil |
| $D_1$ | Kerndurchmesser des Innengewindes |
| $D_2$ | Flankendurchmesser des Innengewindes |
| $D_{2s}$ | Einfacher Flankendurchmesser des Innengewindes |
| $h_3$ | Profilhöhe des Außengewindes |
| H | Höhe des Ausgangsdreiecks |
| $H_1$ | Flankenüberdeckung |
| $H_4$ | Profilhöhe des Innengewindes |
| $l_A$ | Länge der Gewindeverbindung |
| $l_E$ | Einschraublänge |
| n | Anzahl der Gewindegänge, Anzahl der Gewindeanfänge |
| P | Teilung [1)] |
| Ph | Steigung |
| $Ph_z$ | Steigung der Schraubenlinie |
| R | Radius an der Gewindespitze oder im Gewindegrund |
| α | Gewindeprofilwinkel (in früheren Normen „Flankenwinkel“ genannt) |
| β, γ | Gewindeflankenwinkel (einer Flankenseite der Gewindelücke oder des Gewindezahnes) (in früheren Normen „Teilflankenwinkel“ genannt) |
| φ | Steigungswinkel der Schraubenlinie |
| RH | Internationales Kurzzeichen für Rechtsgewinde (Right Hand) |
| LH | Internationales Kurzzeichen für Linksgewinde (Left Hand) |

[1)] bei eingängigen Gewinden steht „P“ für die Steigung, da die Teilung der Steigung entspricht.

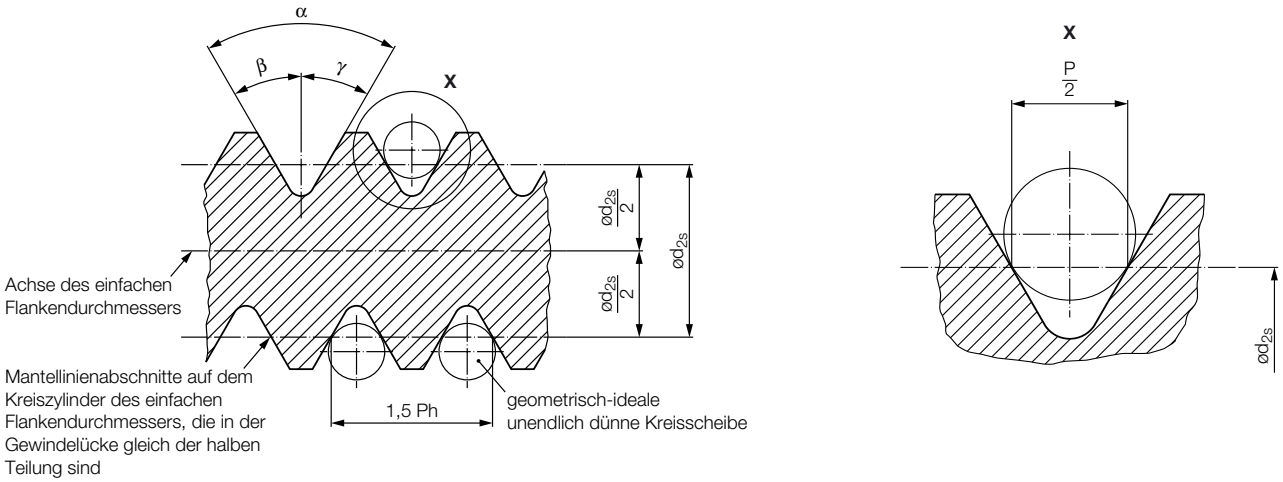
**Ausgangsdreieck des Gewindeprofils**




*) Die Abflachung des Gewindeprofils wird im Allgemeinen als Teil der Höhe des Ausgangsdreiecks H angegeben

### Einfacher Flankendurchmesser des Außengewindes $d_{2s}$, einfacher Flankendurchmesser des Innengewindes $D_{2s}$

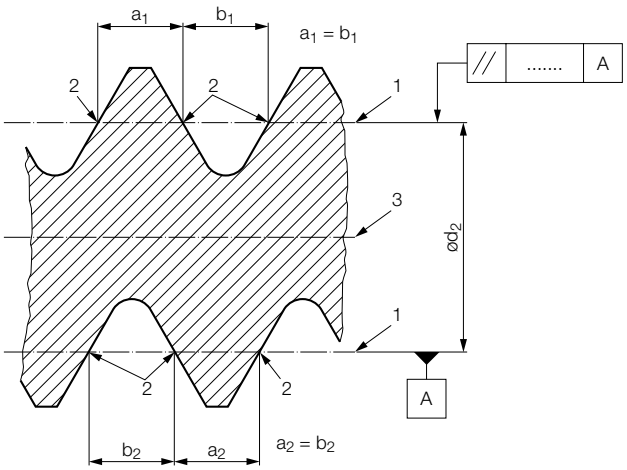
Durchmesser eines geometrisch-idealen Kreiszylinders, dessen Mantellinien das Gewinde so schneiden, dass die Abschnitte in den Gewindelücken gleich der halben Teilung sind. Die Achse des Kreiszylinders ist koaxial zur Achse des einfachen Flankendurchmessers.




**Achse des einfachen Flankendurchmessers eines Außengewindes $d_{2S}$**

### Flankendurchmesser des Außengewindes $d_2$, Flankendurchmesser des Innengewindes $D_2$

Durchmesser eines geometrisch-idealen Kreiszylinders, dessen Mantellinien das Gewinde so schneiden, dass die durch eine Gewindelücke und einen benachbarten Gewindezahn desselben Gewindeganges gebildeten Abschnitte der Mantellinie gleich lang sind. Die Achse des Kreiszylinders ist koaxial zur Achse des Flankendurchmessers.




1 Flankendurchmesserlinie
2 Punkte auf der Schraubenlinie
3 Achse des Flankendurchmessers
$a_1$, $a_2$ Breite des Gewindezahns
$b_1$, $b_2$ Breite der Gewindelücke
$d_2$ Flankendurchmesser des Außengewindes

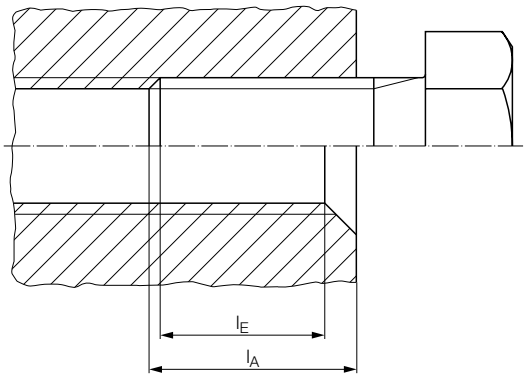
**Flankendurchmesser eines eingängigen Außengewindes $d_2$**

**Einschraublänge $l_E$**
Achsparallele Länge, über die sich die vollständig ausgebildeten Gewindezähne eines Außengewindes und eines Innengewindes, die miteinander verschraubt sind, berühren.

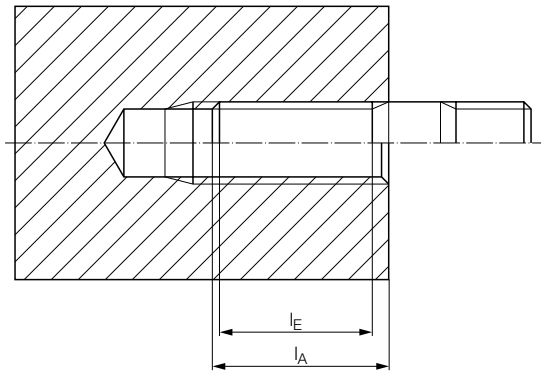
**Länge der Gewindeverbindung $l_A$**
Achsparallele Länge, über die Außen- und Innengewinde im Eingriff ist.

Anmerkung: Diese Länge der Gewindeverbindung schließt auch die unvollständig ausgebildeten Gewindezähne des Außen- und Innengewindes (Fasen, Senkungen) ein.

**Durchgangs-Innengewinde mit Schraube**

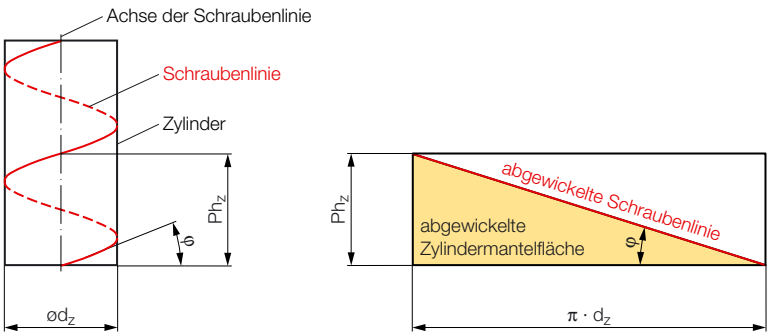



**Innengewinde mit Grundlochbohrung und Stiftschraube**

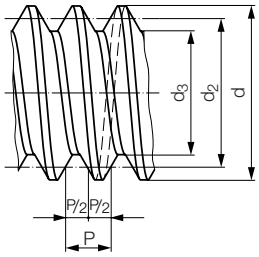



$l_A$ = Länge der Gewindeverbindung
$l_E$ = Einschraublänge

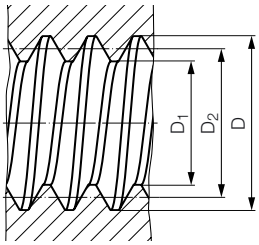
**Schraubenlinie (Gewindelinie)**



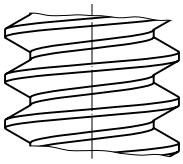
**Außengewinde**



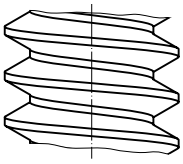

**Innengewinde**



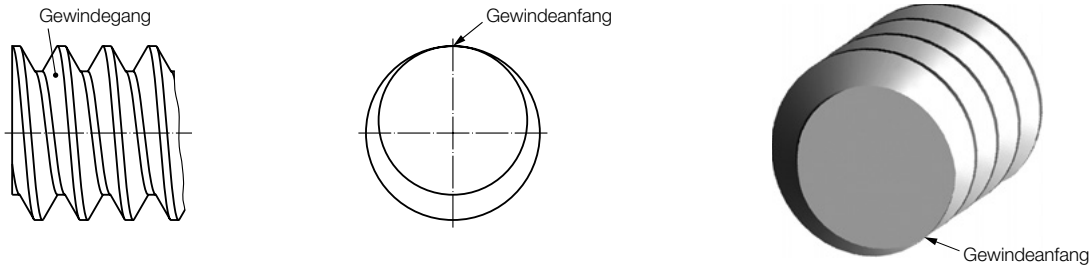

**Rechtsgewinde (RH)**
(Außengewinde)



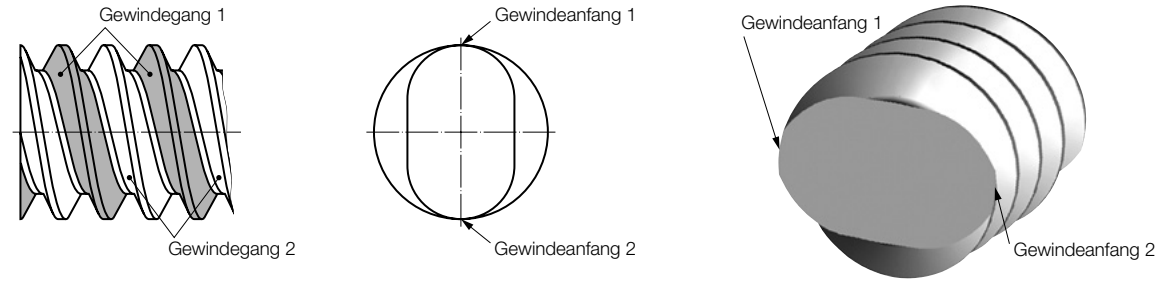
**Linksgewinde (LH)**
(Außengewinde)



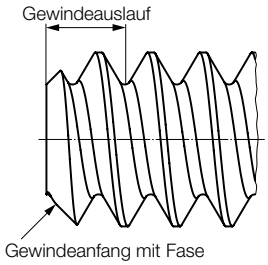
**eingängiges Gewinde**
(Außengewinde)




**zweigängiges Gewinde**
(Außengewinde)

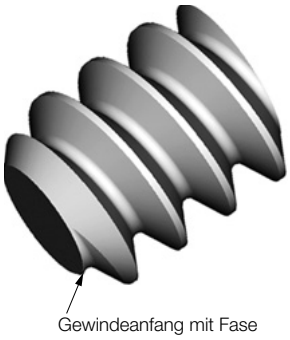


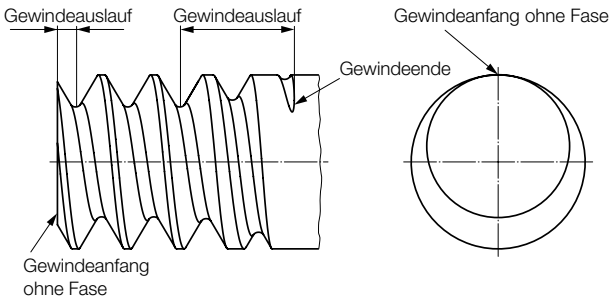
**Gewindeanfang, Gewindeende und Gewindeauslauf**
(Außengewinde)

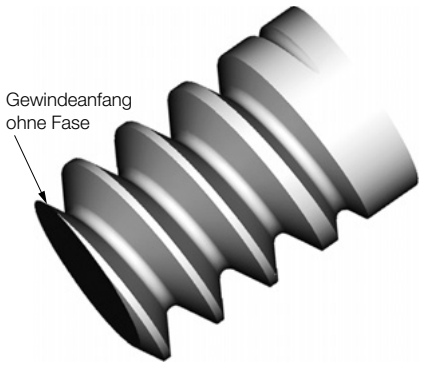




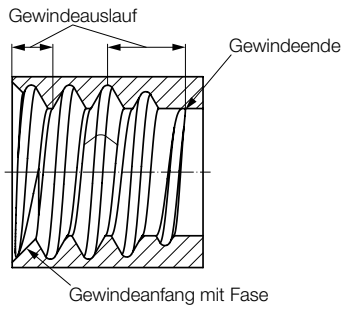




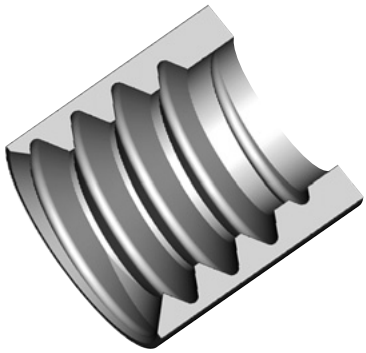




**Gewindeanfang, Gewindeende und Gewindeauslauf**
(Innengewinde)









**Gewindepassungen**

Passungen, die sich durch Paarung eines Außengewindes mit einem zugehörigen Innengewinde ergeben. Die Passung bezieht sich auf die Außen-, Flanken- oder Kerndurchmesser.

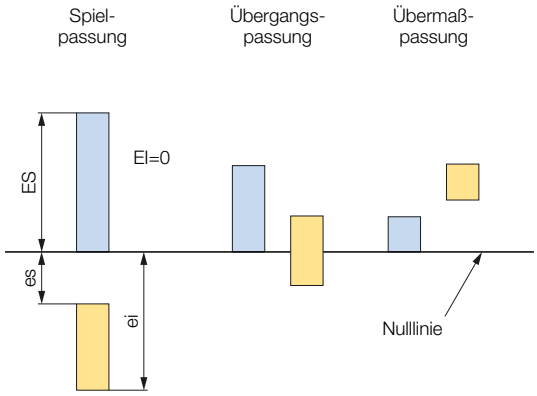
Anmerkung 1: An Außen- und Flankendurchmesser können unterschiedliche Passungen auftreten.

Anmerkung 2: Am Kerndurchmesser tritt im Regelfall eine Spielpassung auf.

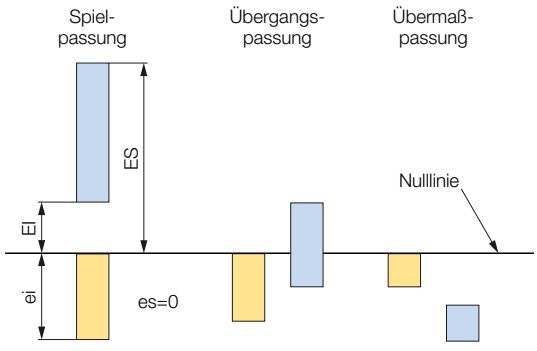
Anmerkung 3: Der Passcharakter wird durch die Abmaße im Bezug auf die Nulllinie bestimmt. Innengewinde mit dem Grundabmaß Null werden als Einheitsinnengewinde und Außengewinde mit dem Grundabmaß Null als Einheitsaußengewinde bezeichnet. Die oberen Grenzabmaße werden mit *es* (Außengewinde) und *ES* (Innengewinde), die unteren Grenzabmaße mit *ei* (Außengewinde) und *EI* (Innengewinde) bezeichnet. Das obere oder das untere Abmaß kann das Grundabmaß sein, üblicherweise ist es das der Nulllinie nächstliegende Abmaß.

Anmerkung 4: Übermaße beziehen sich auf nicht gefügte Gewindeteile.

**Einheitsinnengewinde**



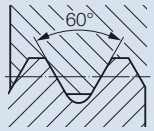
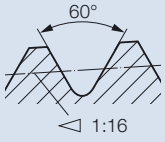
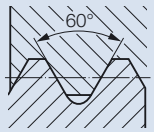

**Einheitsaußengewinde**



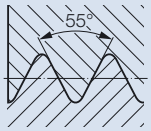
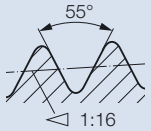
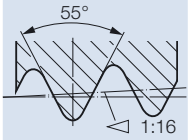
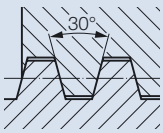
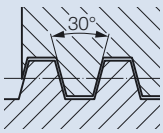
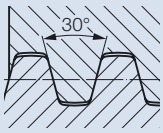
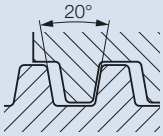
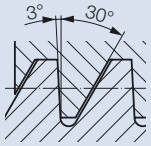

Toleranzfeld des Innengewindes
Toleranzfeld des Außengewindes

## 15.1.2 Gewindeübersicht nach DIN-Normen oder ISO-Normen (Auszug aus DIN 202)

Im Allgemeinen enthält die Gewinde-Kurzbezeichnung den Gewinde-Kennbuchstaben und den Gewinde-Nenndurchmesser oder die Gewinde-Nenngröße. Zusatzangaben für Steigung oder Gangzahl je 25,4 mm, Toleranz, Mehrgängigkeit, Kegeligkeit und Linksgängigkeit sind gegebenenfalls anzufügen. Bei vielen Gewinden nach DIN-Normen wird zur Unterscheidung von Metrischen ISO-Gewinden die DIN-Hauptnummer in der Kurzbezeichnung angegeben.
Für die in den Tabellen angegebenen Normen gilt jeweils nur die neueste Ausgabe der betreffenden Norm.

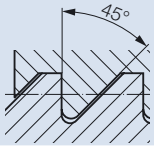
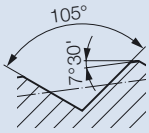
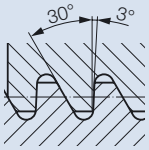
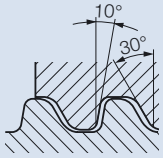
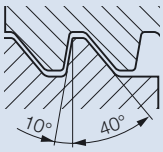
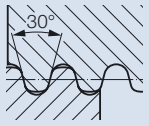
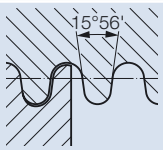
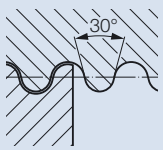
| Benennung | Profil | Kennbuch-staben | Kurzbezeichnung [1] Beispiele | Nenngröße | nach Norm | Anwendung | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Metrisches ISO-Gewinde (ein- und mehrgängig) | | **M** | M 0,8 | 0,3 mm bis 0,9 mm | DIN 14-1 bis DIN 14-4 | für Uhren- und Feinwerktechnik | |
| | | | M 8 | 1 mm bis 68 mm | DIN 13-1 | allgemein (Regelgewinde) | |
| | | | M 24 x 4 P 2 | | DIN 13-52 | | |
| | | | M 6 x 0,75<br>M 8 x 1 – LH | 1 mm bis 1000 mm | DIN 13-2 bis DIN 13-11 | allgemein (Feingewinde) | |
| | | | M 24 x 4 P 2 | | DIN 13-52 | | |
| | | | M 30 x 2 – 4H5H | 1,4 mm bis 355 mm | LN 9163 | für Luft- und Raumfahrt | |
| | | | M 63 x 1,5 | 6 mm und 75 mm | DIN EN 60423 bzw. DIN EN 50262 | Elektroinstallationsrohre | |
| Metrisches ISO-Gewinde mit Übergangstoleranzfeld (früher Gewinde für Festsitz) |  | | M 10 Sn 4<br>M 10 Sk 6 | 3 mm bis 150 mm | DIN 13-51 | für Einschraub-ende an Stiftschrauben | nicht dichtend |
| | | | M 10 Sn 4 dicht | 3 mm bis 150 mm | | | dichtend |
| Metrisches Gewinde mit großem Spiel | | | M 36 | 12 mm bis 180 mm | DIN 2510-2 | für Schrauben-verbindungen mit Dehnschaft | |
| Metrisches ISO-Gewinde, Aufnahmegewinde für Gewindeeinsätze | | **EG M** | EG M 20 | 2 mm bis 52 mm | DIN 8140-2 | Aufnahmegewinde (Regel- und Feingewinde) für Gewindeeinsätze aus Draht | |
| Metrisches ISO-Gewinde für Festsitz | | **MFS** | MFS 12 x 1,5 | 5 mm bis 16 mm | DIN 8141-1 | für Festsitz in Aluminium-Guss-legierungen (Regel- und Feingewinde) | |
| Metrisches kegeliges Außengewinde |  | **M** | M 30 x 2 keg | 6 mm bis 60 mm | DIN 158-1 | für Verschlussschrauben und Schmiernippel | |
| | | | M 30 x 2 keg kurz | | | | |
| MJ-Gewinde (vergrößerter Kernradius bzw. Kern-ø gegenüber dem M-Gewinde) |  | **MJ** | MJ 6 x 1 – 4h6h | 1,6 mm bis 39 mm | DIN ISO 5855-1 und DIN ISO 5855-2 | Luft- und Raumfahrt | |
| | | | MJ 6 x 1 – 4H5H | | | | |

[1] Vollständige Bezeichnungen sind in den entsprechenden in der Tabelle aufgeführten Normen enthalten.

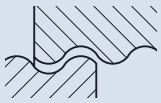
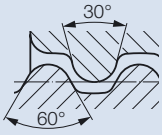
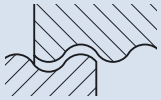
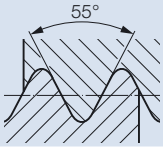
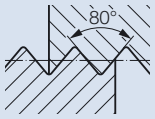
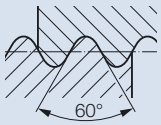
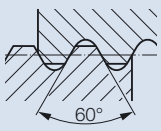
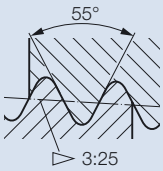
| Benennung | Profil | Kennbuch-staben | Kurzbezeichnung [1] Beispiele | Nenngröße | nach Norm | Anwendung |
|---|---|---|---|---|---|---|
| zylindrisches Rohrgewinde für nicht im Gewinde dichtende Verbindungen |  | **G ≙ PF (BSP, BSPF)** | G 1 1/2 A<br>G 1 1/2 B | 1/16 bis 6 | DIN EN ISO 228-1 | Außengewinde für Rohre, Rohrverbindungen und Armaturen |
| | | | G 1 1/2 | | | Innengewinde für Rohre, Rohrverbindungen und Armaturen |
| zylindrisches Rohrgewinde für im Gewinde dichtende Verbindungen | | **Rp ≙ PS (BSPP)** | Rp 1/2 | 1/16 bis 6 | DIN EN 10226-1 | Innengewinde für Gewinderohre und Fittings |
| | | | Rp 1/8 | 1/8 bis 1 1/2 | DIN 3858 | Innengewinde für Rohrverschraubungen |
| kegeliges Rohrgewinde für im Gewinde dichtende Verbindungen |  | **R** | R 1/2 | 1/16 bis 6 | DIN EN 10226-1 | Außengewinde für Gewinderohre und Fittings |
| | | | R 1/8 - 1 | 1/8 bis 1 1/2 | DIN 3858 | Außengewinde für Rohrverschraubungen |
| |  | **Rc ≙ PT (BSPT)** | Rc 1/2 | 1/16 bis 6 | DIN EN 10226-2 | Innengewinde für Gewinderohre und Fittings |
| Metrisches ISO-Trapezgewinde (ein- und mehrgängig) |  | **Tr** | Tr 40 x 7 | 8 mm bis 300 mm | DIN 103-1 bis DIN 103-8 | allgemein |
| | | | Tr 40 x 14 P 7 | | | |
| flaches Metrisches Trapezgewinde (ein- und mehrgängig) | | | Tr 40 x 7 | | DIN 380-1 und DIN 380-2 | |
| | | | Tr 40 x 14 P 7 | | | |
| Trapezgewinde (ein- und zweigängig) mit Spiel |  | | Tr 48 x 12 | 48 mm | DIN 263-1 und DIN 263-2 | für Schienenfahrzeuge |
| | | | Tr 40 x 16 P 8 | 40 mm | | |
| | | | Tr 32 x 1,5 | 12 mm bis 32 mm | DIN 6341-2 | für (Zug-)Spannzangen |
| gerundetes Trapezgewinde |  | | Tr 40 x 5 | 26 mm bis 80 mm | DIN 30295-1 und DIN 30295-2 | für Schienenfahrzeuge |
| Trapezgewinde |  | **KT** | KT 22 | 10 mm bis 50 mm | DIN 6063-2 | für Kunststoffbehältnisse im Verpackungswesen |
| Metrisches Sägengewinde (ein- und mehrgängig) |  | **S** | S 48 x 8<br>S 40 x 17 P 7 | 10 mm bis 640 mm | DIN 513-1 bis DIN 513-3 | allgemein |

[1] Vollständige Bezeichnungen sind in den entsprechenden in der Tabelle aufgeführten Normen enthalten.

# Gewindetabellen

| Benennung | Profil | Kennbuch-staben | Kurzbezeichnung [1] Beispiele | Nenngröße | nach Norm | Anwendung |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sägengewinde 45° |  | S | S 630 x 20 | 100 mm bis 1250 mm | DIN 2781 | für hydraulische Pressen |
| selbstformendes kegeliges Außengewinde |  | | S 8 x 1 | 6 mm bis 10 mm | DIN 71412 | für Kegelschmiernippel |
| Sägengewinde |  | | S 25 x 1,5 | 6 mm bis 40 mm | DIN 20401 | im Bergbau |
| |  | S | S 22 (Muttergewinde) | 10 mm bis 50 mm | DIN 55525 | für Kunststoff- und Glasbehältnisse im Verpackungswesen |
| | | GS | GS 22 (Bolzengewinde für Glasbehältnisse) | | | |
| | | KS | KS 22 (Bolzengewinde für Kunststoffbehältnisse) | | | |
| |  | KS | KS 22 | 10 mm bis 60 mm | DIN 6063-1 | für Kunststoffbehältnisse im Verpackungswesen |
| zylindrisches Rundgewinde (ein- und mehrgängig) |  | Rd | Rd 40 x 1/6<br>Rd 40 x 1/3 P 1/6 | 8 mm bis 200 mm | DIN 405-1 und DIN 405-2 | allgemein |
| zylindrisches Rundgewinde | | | Rd 40 x 5 | 10 mm bis 300 mm | DIN 20400 | mit großer Tragtiefe im Bergbau |
| | | | Rd 80 x 10 | 50 mm bis 320 mm | DIN 15403 | für Lasthaken |
| |  | Rd | Rd 70 | 20 mm bis 100 mm | DIN 7273-1 | für Teile aus Blech und zugehörige Verschraubungen |
| zylindrisches Rundgewinde mit Spiel und steiler Flanke, mit Steigung 7mm |  | Rd | Rd 59 x 7 | 34 mm bis 79 mm | DIN 262-1 und DIN 262-2 | für Schienenfahrzeuge |
| | | | Rd 59 x 7 links | | | |
| zylindrisches Rundgewinde mit Spiel und flacher Flanke, mit Steigung 7mm |  | Rd | Rd 50 x 7 | 50 mm | DIN 264-1 und DIN 264-2 | für Schienenfahrzeuge |
| | | | Rd 50 x 7 links | | | |

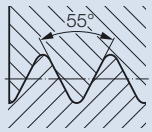
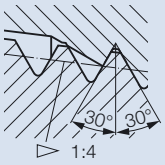
[1] Vollständige Bezeichnungen sind in den entsprechenden in der Tabelle aufgeführten Normen enthalten.

| Benennung | Profil | Kennbuch-staben | Kurzbezeichnung [1] Beispiele | Nenngröße | nach Norm | Anwendung |
|---|---|---|---|---|---|---|
| zylindrisches Rundgewinde |  | **Rd** | Rd 110 x 1/3 | 110 mm | DIN 3182-1 | für Atemschutzgeräte und Tauchgeräte |
| | | | Rd 40 x 1/7 | 40 mm | DIN EN 148-1 | für Atemschutzgeräte |
| |  | **GL** | GL 25 x 3 | 8 mm bis 125 mm | DIN 168-1 | für Glasbehältnisse |
| Elektrogewinde |  | **E** | E 27 | 14 mm bis 33 mm | DIN 40400 | für D-Sicherungen; Lampensockel und Lampenfassungen |
| | | | E 5 | 5 mm bis 40 mm | DIN EN 60061-1 | für Lampensockel und Lampenfassungen |
| | | **–** | 28 x 2 | 20,8 mm bis 45 mm | DIN EN 60399 | Mantelgewinde für Lampenfassungen und Schirmträgerringe |
| zylindrisches Whitworth-Gewinde |  | **W** | W 3/16 | 3/16 | DIN 49301 | für D-Sicherungen |
| Stahlpanzerrohr-gewinde |  | **Pg** | Pg 21 | 7 mm bis 48 mm | DIN 40430 | in der Elektrotechnik |
| Blechschrauben-gewinde |  | **ST** | ST 3,5 | 1,5 mm bis 9,5 mm | DIN EN ISO 1478 | für Blechschrauben |
| Holzschraubengewinde | | **–** | 4 | 1,6 mm bis 20 mm | DIN 7998 | für Holzschrauben |
| Fahrradgewinde |  | **FG** | FG 9,5 | 2 mm bis 34,8 mm | DIN 79012 | für Fahrräder und Mopeds |
| | | **–** | 1,375 – 24 6H/6g | 1,375 | DIN ISO 6698 | Freilaufzahnkränze und Naben von Fahrrädern |
| Ventilgewinde |  | **Vg** | Vg 12 | 5 mm bis 12 mm | DIN 7756 | Ventile für Fahrzeug-bereifungen |
| | | **V** | 8V1 | 5,2 mm bis 20,5 mm | ISO 4570 | |
| kegeliges Whitworth-Gewinde |  | **E17 17E** | E 17 con 17E (früher: W19,8x1/14 keg.) | 19,8 mm | DIN EN 144-1 DIN EN ISO 11116-1 | Einschraubstutzen von Gasflaschen |
| | | **25E** | 25E (früher: W28,8x1/14 keg.) | 28,8 mm | DIN EN 629-1 ISO 10920 | |
| | | **W** | W31,3x1/14 keg. | 31,3 mm | DIN 477-1 | |

[1] Vollständige Bezeichnungen sind in den entsprechenden in der Tabelle aufgeführten Normen enthalten.

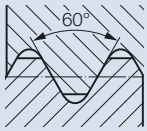
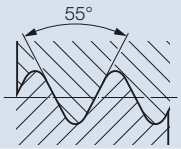
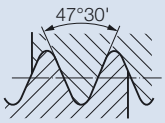
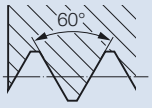
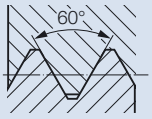
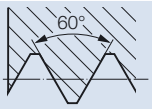
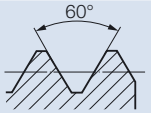


# Gewindetabellen

| Benennung | Profil | Kennbuch-staben | Kurzbezeichnung [1] Beispiele | Nenngröße | nach Norm | Anwendung |
|---|---|---|---|---|---|---|
| zylindrisches Whitworth-Gewinde |   | **W** | W 21,8 x 1/14 zyl. | 21,8 mm<br>24,32 mm<br>25,4 mm | DIN 477-1 | Seitenstutzen von Gasflaschenventilen |
| | | | W 80 x 1/11 | 80 mm | DIN EN 962 | für Schutzkappen von Gasflaschen |
| RMS-Gewinde | | **RMS** | W 0,8 x 1/36 | 20,32 mm | DIN 58888 | für Mikroskopobjektive |
| kegeliges Gestänge-rohrgewinde |   | **Gg** | Gg 4 1/2 | 3 1/2<br>4 1/2<br>5 1/2<br>6 5/8 | DIN 20314 | im Bergbau |

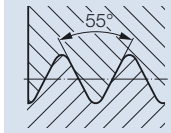
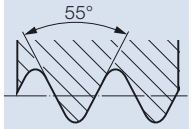
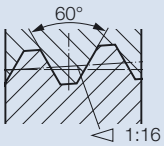
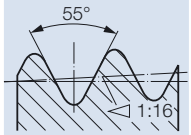
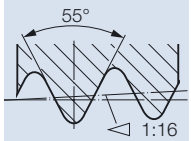
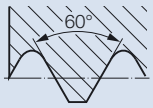
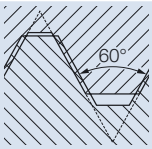
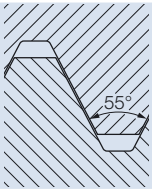
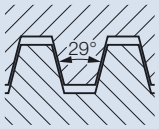
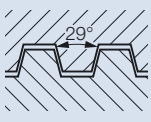
[1] Vollständige Bezeichnungen sind in den entsprechenden in der Tabelle aufgeführten Normen enthalten.

## 15.1.3 Gewindeübersicht nach ausländischen Normen

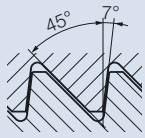
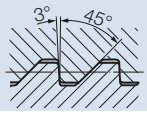
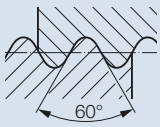
| Benennung | Profil | Kennbuch-staben | Kurzbezeichnung Beispiele | nach Norm | Land |
|---|---|---|---|---|---|
| Unified Kleinschrauben-gewinde | | **UNM** | 0.80 UNM | ASA B1.10 | USA |
| Unified Schraubengewinde |  | **UN**<br>**UNC**<br>**UNF**<br>**UNEF**<br>**UNS** | 1/4 - 20 UNC - 2A<br>oder<br>0.250 - 20 UNC - 2A<br><br>Nr. 6 (0.138)-32 UNC-2A [2] | ASME B1.1<br>BS 1580 | USA<br>Verein. Königreich |
| | | **UNR**<br>**UNRC**<br>**UNRF**<br>**UNREF**<br>**UNRS** [1] | 7/16 - 20 UNRF-2A<br>oder<br>0.4375 - 20 UNRF-2A | ASME B1.1 | USA |
| | | **UNJ**<br>**UNJC**<br>**UNJF**<br>**UNJEF** | 0.250 - 28 UNJF-3A | ASME B1.15<br>BS 4084 | USA<br>Verein. Königreich |
| Amerikanisches Schraubengewinde (veraltet) | | **NC**<br>**NF**<br>**NEF**<br>**NS**<br>**N** | Nr. 12-32 NEF-2 | ASA B1.1<br>(veraltet) | USA |
| Whitworth-Gewinde |  | **BSW**<br>**BSF** | 1/4 in. - 20 BSW | BS 84 | Verein. Königreich |
| B.A.-Gewinde |  | **B.A.** | 11 B.A. | BS 93 | |
| zylindrisches Rohrgewinde |  | **NPSC** | 1/8 - 27 NPSC | ANSI/ASME B1.20.1 | USA |
| |  | **NPSM**<br>**NPSL** | | | |
| | | **NPSH**<br>**NH**<br>**NHR** | 1/2 - 14 NPSH<br>3/4 - 11.5 NH | ASME B1.20.7 | |
| |  | **NPSF**<br>**NPSI** | 1/8 - 28 NPSF | ASME B1.20.3 | |
| |  | **NGO** | 0.903-14 NGO-RH-EXT | CGA V-1 | |

[1] Außengewinde mit gerundetem Gewindegrund.
[2] Für Gewindedurchmesser unter 1/4 inch.

# Gewindetabellen

| Benennung | Profil (Skizze) | Kennbuch-staben | Kurzbezeichnung Beispiele | nach Norm | Land |
|---|---|---|---|---|---|
| zylindrisches Rohrgewinde |  | **G ≙ PF (BSPF, BSP)** | G 1 1/4 | BS 2779 | Verein. Königreich |
| |  | **Rp ≙ PS (BSPP)** | Rp 1/4 | BS 21<br>ISO 7/1 | |
| kegeliges Rohrgewinde |  | **NPT<br>NPTR** | 3/8 - 18 NPT | ANSI/ASME B1.20.1 | USA |
| | | **NPTF<br>PTF-SAE-SHORT<br>PTF-SPL-SHORT<br>PTF-SPL-EXTRA<br>SHORT<br>SPL-PTF** | 1/8 - 27 NPTF-1 [1] | ANSI B1.20.3 | |
| | | **NGT** | 1/8 - 27 NGT | CGA V-1 | |
| |  | **R** | R 1/2 | BS 21<br>ISO 7/1 | Verein. Königreich |
| |  | **Rc ≙ PT (BSPT)** | Rc 1/2 | | |
| Gewindedraht-Einsatzgewinde |  | **UNC-STI<br>UNF-STI** | 1/4 - 20 UNC-2B-STI<br>oder<br>0.125 - 20 UNC-2B-STI | ASME B18.29.1 | USA |
| Festsitzgewinde |  | **NC-5 IF<br>NC-5 HF<br>u.a.** | 1/2 - 13 NC-5-IF<br>oder<br>0.500 - 13 NC-5-IF | ASME/ANSI B1.12 | |
| Mikroskop-Gewinde |  | **AMO** | 0.800 - 36 AMO | ASA B1.11 | |
| Trapezgewinde |  | **ACME** | 1 3/4 - 4 ACME-2G | ASME B1.5 | |
| | | | | BS 1104 | Verein. Königreich |
| |  | **STUB-Acme** | 0.500 - 20 STUB ACME | ANSI B1.8 | USA |

[1] -1 oder -2 ist NPTF-Gewindeklasse; -1 ist Lehrensystem **ohne** Prüfung der Grund- und Spitzenabflachung;
-2 ist Lehrensystem **mit** Prüfung der Grund- und Spitzenabflachung (= neues Lehrensystem nach ANSI B1.20.5).

| Benennung | Profil (Skizze) | Kennbuch-staben | Kurzbezeichnung Beispiele | nach Norm | Land |
|---|---|---|---|---|---|
| Sägengewinde |  | **BUTT** | 2.5 - 8 BUTT-2A | ANSI B1.9 | USA |
| | | **Buttress** | 2.0 BS Buttress thread 8 tpi medium class | BS 1657 | Verein. Königreich |
| |  | **ART** | ART 120 x 8 Gg. | NF E 03-611 | Frankreich |
| Fahrradgewinde |  | **BSC** | 1/4 - 26 BSC-Med. | BS 811 | Verein. Königreich |
| API-Gewinde (Gewinde des American Petroleum Institute für die Erdölindustrie) | | **CSG, LCSG, BCSG, XCSG, LP, TBG, UP TBG** | 4 1/2 API TBG | API Std 5 B | USA |
| | | **NC ROTARY REG REG LH FH IF** | API 4 IF THD | API Spec 7 | |
| | | **Sucker Rods** | API-SR 3/4<br>1 1/16 - 10 Box-2B | API Spec 11 B | |

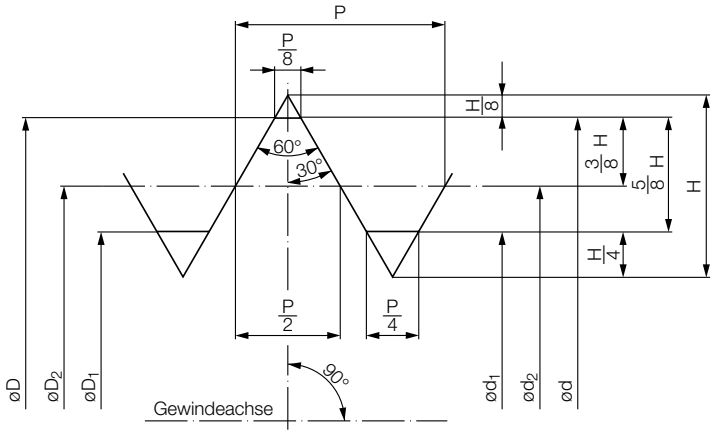
## 15.2 Metrisches ISO-Gewinde

### 15.2.1 Grundlagen

#### Normenübersicht Metrisches ISO-Gewinde (Auszug aus DIN 13-1)

| Norm | Inhalt | Umfang/Bemerkungen |
|---|---|---|
| **DIN 13-1** | Nennmaße für Regelgewinde | Nenndurchmesser von 1 mm bis 68 mm |
| **DIN 13-2** bis **DIN 13-11** | Nennmaße für Feingewinde mit Steigungen von 0,2 mm bis 8 mm | Nenndurchmesser von 1 mm bis 1000 mm |
| **DIN 13-19** | Nennprofile | Grundprofil ist in DIN ISO 68-1 festgelegt |
| **DIN 13-20** | Grenzmaße für Regelgewinde | Nenndurchmesser von 1 mm bis 68 mm |
| **DIN 13-21** bis **DIN 13-26** | Grenzmaße für Feingewinde mit Steigungen von 0,2 mm bis 8 mm | Nenndurchmesser von 1 mm bis 1000 mm |
| **DIN 13-28** | Kernquerschnitte, Spannungsquerschnitte, Steigungswinkel | Regel- und Feingewinde, Nenndurchmesser von 1 mm bis 250 mm |
| **DIN 13-50** | Kombination von Toleranzklassen für gefurchte Gewinde | Regelgewinde M3 bis M16, Feingewinde M8 x 1 bis M30 x 2 nach DIN ISO 965-2 |
| **DIN 13-51** | Toleranzen, Grenzmaße, Grenzabmaße für Außengewinde mit Übergangstoleranzfeld | Regel- und Feingewinde, Nenndurchmesser von 1 mm bis 150 mm |
| **DIN 13-52** | Toleranzsystem für mehrgängiges Metrisches ISO-Gewinde | Regel- und Feingewinde der Normen der Reihe DIN 13 |
| **DIN ISO 68-1** | Grundprofil für das Metrische ISO-Gewinde | Ersatz für das Grundprofil nach DIN 13-19 |
| **DIN ISO 261** | Übersicht, Auswahl, Durchmesser und Steigung für Regel- und Feingewinde | Nenndurchmesser von 1 mm bis 300 mm; Ersatz für DIN 13-12 und DIN 13-12 Bbl. 1 |
| **DIN ISO 262** | Auswahlreihen für Schrauben, Bolzen und Muttern | Nenndurchmesser von 1 mm bis 64 mm; mit DIN ISO 965-2 Ersatz für DIN 13-13 |
| **DIN ISO 724** | Grundmaße | Nenndurchmesser von 1 mm bis 300 mm |
| **DIN ISO 965-1** | Toleranzen: Grundlagen des Toleranzsystems für das Metrische ISO-Gewinde | Nenndurchmesser von 1 mm bis 355 mm; Ersatz für DIN 13-14 und DIN 13-15 |
| **DIN ISO 965-2** | Toleranzen: Grenzmaße für die Toleranzklasse „mittel“ | Regelgewinde von M1 bis M64, Feingewinde von M8 x 1 bis M64 x 4; mit DIN ISO 262; Ersatz für DIN 13-13 |
| **DIN ISO 965-3** | Toleranzen: Grenzabmaße für Konstruktionsgewinde | Nenndurchmesser von 1 mm bis 355 mm; Ersatz für DIN 13-27 |
| **DIN ISO 965-4** | Grenzmaße für feuerverzinkte Außengewinde, passend für Innengewinde der Toleranzfeldlagen H oder G nach Aufbringung des Überzuges | |
| **DIN ISO 965-5** | Grenzmaße für Innengewinde, passend für feuerverzinkte Außengewinde mit Höchstmaßen der Toleranzfeldlage h vor Aufbringung des Überzuges | |
| **DIN ISO 1502** | Lehrung und Lehren | Ersatz für DIN 13-16 bis DIN 13-18 |

## Metrisches ISO-Gewinde, Grundprofil (Auszug aus DIN ISO 68-1)




D Außendurchmesser des Innengewindes am Grundprofil (Nenndurchmesser)
d Außendurchmesser des Außengewindes am Grundprofil (Nenndurchmesser)
$D_1$ Kerndurchmesser des Innengewindes am Grundprofil
$d_1$ Kerndurchmesser des Außengewindes am Grundprofil
$D_2$ Flankendurchmesser des Innengewindes am Grundprofil
$d_2$ Flankendurchmesser des Außengewindes am Grundprofil
H Höhe des scharf ausgeschnittenen gedachten Profildreiecks
P Steigung

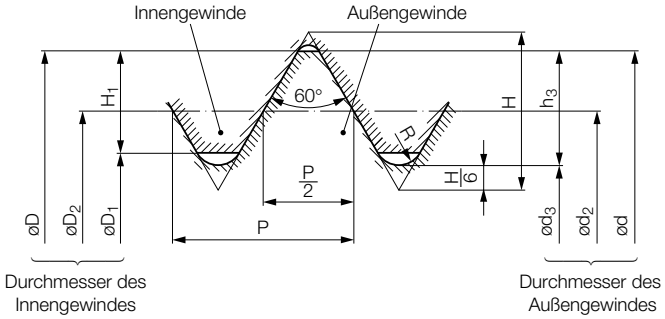
$H = \frac{\sqrt{3}}{2} P = 0{,}866025404\ P$ $\quad \frac{5}{8} H = 0{,}541265877\ P$

$\frac{H}{4} = 0{,}216506351\ P$ $\quad \frac{H}{8} = 0{,}108253175\ P$

$\frac{3}{8} H = 0{,}324759526\ P$

## Metrisches ISO-Gewinde, Nennprofil (Auszug aus DIN 13-19)

Die Form des Gewindegrundes am Außendurchmesser des Innengewindes ist freigestellt, jedoch muss die Flanke bis zum Durchmesser D bzw. D + EI gerade sein. Die Nennmaße für Metrisches ISO-Gewinde allgemeiner Anwendung nach Normen der Reihe DIN 13 sind auf das Profil ohne Flankenspiel bezogen. Für Profile mit Flankenspiel siehe Grundabmaße es und EI nach DIN ISO 965-1.




**Profile bei Gewindepaarung ohne Flankenspiel (Nullprofil)**

R = $\frac{H}{6}$ empfohlene Kernausrundung nach DIN 965-1; die Ausführung mit Korbbogen ist zulässig

D = d = Gewinde-Nenndurchmesser

$D_1 = d_2 - 2\left(\frac{H}{2} - \frac{H}{4}\right) = d - 2\,H_1 = d - 1{,}082532\ P$

$D_2 = d_2 = d - \frac{3}{4} H = d - 0{,}649519\ P$

$d_3 = d_2 - 2\left(\frac{H}{2} - \frac{H}{6}\right) = d - 1{,}226869\ P$

$d_3 = d_1 - \frac{H}{6}$ (für die Durchmesser nach DIN ISO 724 errechnet sich $d_3$ auf Grundlage von $d_1$)

$H = \frac{\sqrt{3}}{2} P = 0{,}866025\ P$

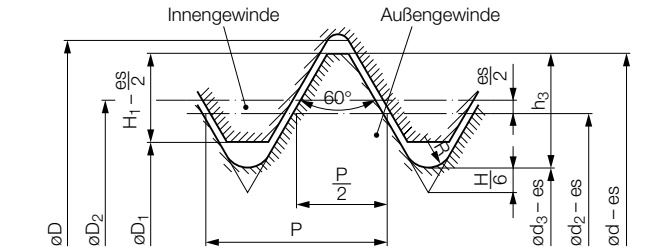
$H_1 = \frac{D - D_1}{2} = \frac{5}{8} H = 0{,}541266\ P$

$h_3 = \frac{d - d_3}{2} = \frac{17}{24} H = 0{,}613435\ P$

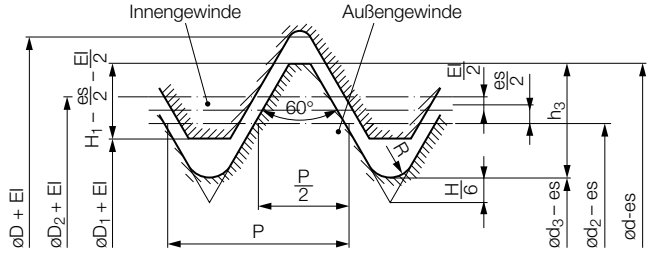
$R = \frac{H}{6} = 0{,}144338\ P$

es = Grundabmaß für Außengewinde

EI = Grundabmaß für Innengewinde




**Profile bei Gewindepaarung mit Flankenspiel durch Grundabmaß im Außengewinde**




**Profile bei Gewindepaarung mit Flankenspiel durch Grundabmaße im Außen- und im Innengewinde**



# Gewindetabellen

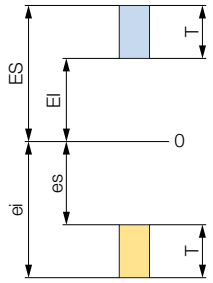
## Nennmaße (Auszug aus DIN 13-1)

| Gewinde-Nenndurchmesser d = D | | | Steigung | Flanken-durchmesser | Kerndurchmesser | | Gewindetiefe | | Rundung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Reihe 1 | Reihe 2 | Reihe 3 | P | $d_2 = D_2$ | $d_3$ | $D_1$ | $h_3$ | $H_1$ | $R = \frac{H}{6}$ |
| 1 | | | 0,25 | 0,838 | 0,693 | 0,729 | 0,153 | 0,135 | 0,036 |
| | 1,1 | | 0,25 | 0,938 | 0,793 | 0,829 | 0,153 | 0,135 | 0,036 |
| 1,2 | | | 0,25 | 1,038 | 0,893 | 0,929 | 0,153 | 0,135 | 0,036 |
| | 1,4 | | 0,3 | 1,205 | 1,032 | 1,075 | 0,184 | 0,162 | 0,043 |
| 1,6 | | | 0,35 | 1,373 | 1,171 | 1,221 | 0,215 | 0,189 | 0,051 |
| | 1,8 | | 0,35 | 1,573 | 1,371 | 1,421 | 0,215 | 0,189 | 0,051 |
| 2 | | | 0,4 | 1,740 | 1,509 | 1,567 | 0,245 | 0,217 | 0,058 |
| | 2,2 | | 0,45 | 1,908 | 1,648 | 1,713 | 0,276 | 0,244 | 0,065 |
| 2,5 | | | 0,45 | 2,208 | 1,948 | 2,013 | 0,276 | 0,244 | 0,065 |
| 3 | | | 0,5 | 2,675 | 2,387 | 2,459 | 0,307 | 0,271 | 0,072 |
| | 3,5 | | 0,6 | 3,110 | 2,764 | 2,850 | 0,368 | 0,325 | 0,087 |
| 4 | | | 0,7 | 3,545 | 3,141 | 3,242 | 0,429 | 0,379 | 0,101 |
| | 4,5 | | 0,75 | 4,013 | 3,580 | 3,688 | 0,460 | 0,406 | 0,108 |
| 5 | | | 0,8 | 4,480 | 4,019 | 4,134 | 0,491 | 0,433 | 0,115 |
| 6 | | | 1 | 5,350 | 4,773 | 4,917 | 0,613 | 0,541 | 0,144 |
| | 7 | | 1 | 6,350 | 5,773 | 5,917 | 0,613 | 0,541 | 0,144 |
| 8 | | | 1,25 | 7,188 | 6,466 | 6,647 | 0,767 | 0,677 | 0,180 |
| | | 9 | 1,25 | 8,188 | 7,466 | 7,647 | 0,767 | 0,677 | 0,180 |
| 10 | | | 1,5 | 9,026 | 8,160 | 8,376 | 0,920 | 0,812 | 0,217 |
| | | 11 | 1,5 | 10,026 | 9,160 | 9,376 | 0,920 | 0,812 | 0,217 |
| 12 | | | 1,75 | 10,863 | 9,853 | 10,106 | 1,074 | 0,947 | 0,253 |
| | 14 | | 2 | 12,701 | 11,546 | 11,835 | 1,227 | 1,083 | 0,289 |
| 16 | | | 2 | 14,701 | 13,546 | 13,835 | 1,227 | 1,083 | 0,289 |
| | 18 | | 2,5 | 16,376 | 14,933 | 15,294 | 1,534 | 1,353 | 0,361 |
| 20 | | | 2,5 | 18,376 | 16,933 | 17,294 | 1,534 | 1,353 | 0,361 |
| | 22 | | 2,5 | 20,376 | 18,933 | 19,294 | 1,534 | 1,353 | 0,361 |
| 24 | | | 3 | 22,051 | 20,319 | 20,752 | 1,840 | 1,624 | 0,433 |
| | 27 | | 3 | 25,051 | 23,319 | 23,752 | 1,840 | 1,624 | 0,433 |
| 30 | | | 3,5 | 27,727 | 25,706 | 26,211 | 2,147 | 1,894 | 0,505 |
| | 33 | | 3,5 | 30,727 | 28,706 | 29,211 | 2,147 | 1,894 | 0,505 |
| 36 | | | 4 | 33,402 | 31,093 | 31,670 | 2,454 | 2,165 | 0,577 |
| | 39 | | 4 | 36,402 | 34,093 | 34,670 | 2,454 | 2,165 | 0,577 |
| 42 | | | 4,5 | 39,077 | 36,479 | 37,129 | 2,760 | 2,436 | 0,650 |
| | 45 | | 4,5 | 42,077 | 39,479 | 40,129 | 2,760 | 2,436 | 0,650 |
| 48 | | | 5 | 44,752 | 41,866 | 42,587 | 3,067 | 2,706 | 0,722 |
| | 52 | | 5 | 48,752 | 45,866 | 46,587 | 3,067 | 2,706 | 0,722 |
| 56 | | | 5,5 | 52,428 | 49,252 | 50,046 | 3,374 | 2,977 | 0,794 |
| | 60 | | 5,5 | 56,428 | 53,252 | 54,046 | 3,374 | 2,977 | 0,794 |
| 64 | | | 6 | 60,103 | 56,639 | 57,505 | 3,681 | 3,248 | 0,866 |
| | 68 | | 6 | 64,103 | 60,639 | 61,505 | 3,681 | 3,248 | 0,866 |

Maße in mm

## 15.2.2 Toleranzen

### Toleranzfeldlagen (Auszug aus DIN ISO 965-1)




**Toleranzfeldlagen unter Berücksichtigung der Nulllinie (Nennmaß)**

### Grundlagen des Toleranzsystems

Das System legt Toleranzen fest, die durch Toleranzgrade und Toleranzfeldlagen gegeben sind und enthält eine Auswahl von Toleranzgraden und Toleranzfeldlagen.

| | Toleranzgrade |
|---|---|
| $D_1$ | 4, 5, 6, 7, 8 |
| d | 4, 6, 8 |
| $D_2$ | 4, 5, 6, 7, 8 |
| $d_2$ | 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 |

Toleranzfeldlagen:

– G und H für Innengewinde
– e, f, g und h für Außengewinde

### Empfohlene Toleranzklassen für Gewinde mit und ohne Schutzschichten bzw. vor der Beschichtung (Einschraubgruppe N)

| Toleranzklasse | | Toleranzklassen für den Oberflächenzustand | | |
|---|---|---|---|---|
| | | blank oder phosphatiert | blank, phosphatiert oder für dünne galvanische Schutzschichten | für dicke galvanische Schutzschichten |
| **fein** | Innengewinde | **4H; 5H** | | — |
| | Außengewinde | **4h** | **4g** | — |
| **mittel** | Innengewinde | **5H** für Regelgewinde bis M1,4 und Feingewinde mit Steigung 0,25 mm<br>**6H** für Regelgewinde ab M1,6 und Feingewinde mit Steigung 0,35 mm bis 8 mm | | **6G** für Regelgewinde ab M1,6 und Feingewinde mit Steigung 0,35 mm bis 8 mm |
| | Außengewinde | **6h** | **6h** für Regelgewinde und Feingewinde bis M1,4<br>**6g** für Regelgewinde und Feingewinde ab M 1,6 | **6f** bzw. **6e** für Regelgewinde ab M1,6 und Feingewinde mit Steigung 0,35 mm bis 8 mm |
| **grob** | Innengewinde | — | **7H** für Regelgewinde ab M3 und Feingewinde mit Steigung 0,5 mm bis 8 mm | **7G** für Regelgewinde ab M3 und Feingewinde mit Steigung 0,5 mm bis 8 mm |
| | Außengewinde | — | **8g** für Regelgewinde ab M3 und Feingewinde mit Steigung 0,5 mm bis 8 mm | **8e** für Regelgewinde ab M3 und Feingewinde mit Steigung 0,5 mm bis 8 mm |

Anmerkung: Bei Mindestmaß Innengewinde und Höchstmaß Außengewinde für den Flankendurchmesser ist die mögliche Schichtdicke gleich 1/4 des zugehörigen Grenzabmaßes. Gewinde mit h- und H-Toleranzfeldlage lassen eine Beschichtung nur zu, wenn das Toleranzfeld nicht bis zur Nulllinie ausgenutzt wird.

## Allgemeine Bezeichnung von eingängigen Gewinden

Ein Gewinde, das mit den Anforderungen der internationalen Normen für Metrische ISO-Gewinde allgemeiner Anwendung nach ISO 68-1, ISO 261, ISO 262, ISO 724, ISO 965-2 und ISO 965-3 übereinstimmt, muss mit dem Buchstaben M, gefolgt von dem Wert des Nenndurchmessers und der Steigung in Millimeter, getrennt durch das Zeichen „x“, bezeichnet werden.

Beispiel: M8 x 1,25

Für Regelgewinde nach ISO 261 darf die Angabe der Steigung entfallen.

Beispiel: M8

Die Bezeichnung für die Toleranzklasse enthält eine Angabe für die Toleranzklasse des Flankendurchmessers, gefolgt von der Toleranzklasse für den Kerndurchmesser des Innengewindes oder des Außendurchmessers des Außengewindes.

Jede Angabe einer Toleranzklasse besteht aus
- einer Ziffer für den Toleranzgrad,
- einem Buchstaben für die Toleranzfeldlage, und zwar große Buchstaben für Innengewinde und kleine Buchstaben für Außengewinde.

Sind die beiden Bezeichnungen der Toleranzklassen für Flanken- und Kerndurchmesser des Innengewindes (bzw. für den Außendurchmesser des Außengewindes) gleich, so ist es nicht notwendig, die Kurzzeichen zu wiederholen.

Beispiele:

**Außengewinde**

M10 x 1 – 5g – 6g

Feingewinde mit einem Nenndurchmesser von 10 mm und einer Steigung von 1 mm

Toleranzklasse für den Flankendurchmesser

Toleranzklasse für den Außendurchmesser

M10 – 6g

Regelgewinde mit einem Nenndurchmesser von 10 mm

Toleranzklasse für Flanken- und Außendurchmesser

**Innengewinde**

M10 x 1 – 5H – 6H

Feingewinde mit einem Nenndurchmesser von 10 mm und einer Steigung von 1 mm

Toleranzklasse für den Flankendurchmesser

Toleranzklasse für den Kerndurchmesser

M10 – 6H

Regelgewinde mit einem Nenndurchmesser von 10 mm

Toleranzklasse für Flanken- und Kerndurchmesser

Eine Passung zwischen Gewindeteilen wird durch die Toleranzklasse des Innengewindes mit anschließender Toleranzklasse des Außengewindes bezeichnet, wobei beide Angaben durch einen Schrägstrich getrennt werden.

Beispiel: M6 – 6H/6g
M20 x 2 – 6H/5g6g

## Bezeichnung von mehrgängigen Gewinden

Mehrgängige Gewinde werden mit dem Buchstaben M, gefolgt von dem Wert des Nenndurchmessers, dem Zeichen „x“, den Buchstaben „Ph“ und dem Wert der Steigung, dem Buchstaben P und dem Wert der Teilung (Axialabstand zwischen zwei benachbarten, gleichgerichteten Flanken), einem Bindestrich und der Toleranzklasse bezeichnet. Nenndurchmesser, Teilung und Steigung werden in Millimetern angegeben.

Bezeichnungsbeispiel: M16 x Ph3 P1,5 – 6H

Für die besondere Eindeutigkeit darf die Anzahl der Gewindegänge Ph/P in Klammern hinzugefügt werden.

Bezeichnungsbeispiel: M16 x Ph3 P1,5 (zweigängig) – 6H

## Bezeichnung von linksgängigen Gewinden

Wenn linksgängige Gewinde festgelegt werden, müssen die Buchstaben „LH“, getrennt durch einen Bindestrich, der Gewindebezeichnung hinzugefügt werden.

Beispiele: M8 x 1 – LH
M6 x 1 – 5h6h – S – LH
M14 x Ph6 P2 – 7H – L – LH
M14 x Ph6 P2 (dreigängig) – 7H – L – LH

## Einschraubgruppen

| Kurzzeichen | Einschraubgruppe |
|---|---|
| S | kurz |
| N | normal |
| L | lang |



# Gewindetabellen

## Toleranzfeldlage

### Grenzmaße für Innen- und Außengewinde

| Steigung P mm | Grenzabmaße bei Toleranzfeldlage: Innengewinde $D_2, D_1$ | | Außengewinde $d, d_2$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | G EI µm | H EI µm | e es µm | f es µm | g es µm | h es µm |
| 0,2 | + 18 | 0 | — | — | – 18 | 0 |
| 0,25 | + 18 | 0 | — | — | – 18 | 0 |
| 0,3 | + 18 | 0 | — | — | – 18 | 0 |
| 0,35 | + 19 | 0 | — | – 34 | – 19 | 0 |
| 0,4 | + 19 | 0 | — | – 34 | – 19 | 0 |
| 0,45 | + 20 | 0 | — | – 35 | – 20 | 0 |
| 0,5 | + 20 | 0 | – 50 | – 36 | – 20 | 0 |
| 0,6 | + 21 | 0 | – 53 | – 36 | – 21 | 0 |
| 0,7 | + 22 | 0 | – 56 | – 38 | – 22 | 0 |
| 0,75 | + 22 | 0 | – 56 | – 38 | – 22 | 0 |
| 0,8 | + 24 | 0 | – 60 | – 38 | – 24 | 0 |
| 1 | + 26 | 0 | – 60 | – 40 | – 26 | 0 |
| 1,25 | + 28 | 0 | – 63 | – 42 | – 28 | 0 |
| 1,5 | + 32 | 0 | – 67 | – 45 | – 32 | 0 |
| 1,75 | + 34 | 0 | – 71 | – 48 | – 34 | 0 |
| 2 | + 38 | 0 | – 71 | – 52 | – 38 | 0 |
| 2,5 | + 42 | 0 | – 80 | – 58 | – 42 | 0 |
| 3 | + 48 | 0 | – 85 | – 63 | – 48 | 0 |
| 3,5 | + 53 | 0 | – 90 | – 70 | – 53 | 0 |
| 4 | + 60 | 0 | – 95 | – 75 | – 60 | 0 |
| 4,5 | + 63 | 0 | –100 | – 80 | – 63 | 0 |
| 5 | + 71 | 0 | –106 | – 85 | – 71 | 0 |
| 5,5 | + 75 | 0 | –112 | – 90 | – 75 | 0 |
| 6 | + 80 | 0 | –118 | – 95 | – 80 | 0 |
| 8 | +100 | 0 | –140 | –118 | –100 | 0 |

## Toleranzgrade

### Toleranzen für Kern- und Außendurchmesser

**Toleranzen für den Kerndurchmesser des Innengewindes ($T_{D1}$)**

| Steigung P mm | Toleranzgrade 4 µm | 5 µm | 6 µm | 7 µm | 8 µm |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,2 | 38 | — | — | — | — |
| 0,25 | 45 | 56 | — | — | — |
| 0,3 | 53 | 67 | 85 | — | — |
| 0,35 | 63 | 80 | 100 | — | — |
| 0,4 | 71 | 90 | 112 | — | — |
| 0,45 | 80 | 100 | 125 | — | — |
| 0,5 | 90 | 112 | 140 | 180 | — |
| 0,6 | 100 | 125 | 160 | 200 | — |
| 0,7 | 112 | 140 | 180 | 224 | — |
| 0,75 | 118 | 150 | 190 | 236 | — |
| 0,8 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 |
| 1 | 150 | 190 | 236 | 300 | 375 |
| 1,25 | 170 | 212 | 265 | 335 | 425 |
| 1,5 | 190 | 236 | 300 | 375 | 475 |
| 1,75 | 212 | 265 | 335 | 425 | 530 |
| 2 | 236 | 300 | 375 | 475 | 600 |
| 2,5 | 280 | 355 | 450 | 560 | 710 |
| 3 | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 |
| 3,5 | 355 | 450 | 560 | 710 | 900 |
| 4 | 375 | 475 | 600 | 750 | 950 |
| 4,5 | 425 | 530 | 670 | 850 | 1060 |
| 5 | 450 | 560 | 710 | 900 | 1120 |
| 5,5 | 475 | 600 | 750 | 950 | 1180 |
| 6 | 500 | 630 | 800 | 1000 | 1250 |
| 8 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 |



# Gewindetabellen

**Toleranzen für den Außendurchmesser des Außengewindes ($T_d$)**

| Steigung P mm | Toleranzgrade 4 µm | 6 µm | 8 µm |
|---|---|---|---|
| 0,2 | 36 | 56 | — |
| 0,25 | 42 | 67 | — |
| 0,3 | 48 | 75 | — |
| 0,35 | 53 | 85 | — |
| 0,4 | 60 | 95 | — |
| 0,45 | 63 | 100 | — |
| 0,5 | 67 | 106 | — |
| 0,6 | 80 | 125 | — |
| 0,7 | 90 | 140 | — |
| 0,75 | 90 | 140 | — |
| 0,8 | 95 | 150 | 236 |
| 1 | 112 | 180 | 280 |
| 1,25 | 132 | 212 | 335 |
| 1,5 | 150 | 236 | 375 |
| 1,75 | 170 | 265 | 425 |
| 2 | 180 | 280 | 450 |
| 2,5 | 212 | 335 | 530 |
| 3 | 236 | 375 | 600 |
| 3,5 | 265 | 425 | 670 |
| 4 | 300 | 475 | 750 |
| 4,5 | 315 | 500 | 800 |
| 5 | 335 | 530 | 850 |
| 5,5 | 355 | 560 | 900 |
| 6 | 375 | 600 | 950 |
| 8 | 450 | 710 | 1180 |

## Toleranzen der Flankendurchmesser

**Toleranzen für den Flankendurchmesser des Innengewindes ($T_{D2}$)**

| Außendurchmesser D über mm | bis mm | Steigung P mm | Toleranzgrade 4 µm | 5 µm | 6 µm | 7 µm | 8 µm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,99 | 1,4 | 0,2 | 40 | — | — | — | — |
| | | 0,25 | 45 | 56 | — | — | — |
| | | 0,3 | 48 | 60 | 75 | — | — |
| 1,4 | 2,8 | 0,2 | 42 | — | — | — | — |
| | | 0,25 | 48 | 60 | — | — | — |
| | | 0,35 | 53 | 67 | 85 | — | — |
| | | 0,4 | 56 | 71 | 90 | — | — |
| | | 0,45 | 60 | 75 | 95 | — | — |
| 2,8 | 5,6 | 0,35 | 56 | 71 | 90 | — | — |
| | | 0,5 | 63 | 80 | 100 | 125 | — |
| | | 0,6 | 71 | 90 | 112 | 140 | — |
| | | 0,7 | 75 | 95 | 118 | 150 | — |
| | | 0,75 | 75 | 95 | 118 | 150 | — |
| | | 0,8 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 |
| 5,6 | 11,2 | 0,75 | 85 | 106 | 132 | 170 | — |
| | | 1 | 95 | 118 | 150 | 190 | 236 |
| | | 1,25 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 |
| | | 1,5 | 112 | 140 | 180 | 224 | 280 |
| 11,2 | 22,4 | 1 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 |
| | | 1,25 | 112 | 140 | 180 | 224 | 280 |
| | | 1,5 | 118 | 150 | 190 | 236 | 300 |
| | | 1,75 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 |
| | | 2 | 132 | 170 | 212 | 265 | 335 |
| | | 2,5 | 140 | 180 | 224 | 280 | 355 |
| 22,4 | 45 | 1 | 106 | 132 | 170 | 212 | — |
| | | 1,5 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 |
| | | 2 | 140 | 180 | 224 | 280 | 355 |
| | | 3 | 170 | 212 | 265 | 335 | 425 |
| | | 3,5 | 180 | 224 | 280 | 355 | 450 |
| | | 4 | 190 | 236 | 300 | 375 | 475 |
| | | 4,5 | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 |
| 45 | 90 | 1,5 | 132 | 170 | 212 | 265 | 335 |
| | | 2 | 150 | 190 | 236 | 300 | 375 |
| | | 3 | 180 | 224 | 280 | 355 | 450 |
| | | 4 | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 |
| | | 5 | 212 | 265 | 335 | 425 | 530 |
| | | 5,5 | 224 | 280 | 355 | 450 | 560 |
| | | 6 | 236 | 300 | 375 | 475 | 600 |
| 90 | 180 | 2 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 |
| | | 3 | 190 | 236 | 300 | 375 | 475 |
| | | 4 | 212 | 265 | 335 | 425 | 530 |
| | | 6 | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 |
| | | 8 | 280 | 355 | 450 | 560 | 710 |



# Gewindetabellen

**Toleranzen für den Flankendurchmesser des Außengewindes ($T_{d2}$)**

| Außendurchmesser D über mm | Außendurchmesser D bis mm | Steigung P mm | Toleranzgrade 3 µm | 4 µm | 5 µm | 6 µm | 7 µm | 8 µm | 9 µm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,99 | 1,4 | 0,2 | 24 | 30 | 38 | 48 | — | — | — |
| | | 0,25 | 26 | 34 | 42 | 53 | — | — | — |
| | | 0,3 | 28 | 36 | 45 | 56 | — | — | — |
| 1,4 | 2,8 | 0,2 | 25 | 32 | 40 | 50 | — | — | — |
| | | 0,25 | 28 | 36 | 45 | 56 | — | — | — |
| | | 0,35 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | — | — |
| | | 0,4 | 34 | 42 | 53 | 67 | 85 | — | — |
| | | 0,45 | 36 | 45 | 56 | 71 | 90 | — | — |
| 2,8 | 5,6 | 0,35 | 34 | 42 | 53 | 67 | 85 | — | — |
| | | 0,5 | 38 | 48 | 60 | 75 | 95 | — | — |
| | | 0,6 | 42 | 53 | 67 | 85 | 106 | — | — |
| | | 0,7 | 45 | 56 | 71 | 90 | 112 | — | — |
| | | 0,75 | 45 | 56 | 71 | 90 | 112 | — | — |
| | | 0,8 | 48 | 60 | 75 | 95 | 118 | 150 | 190 |
| 5,6 | 11,2 | 0,75 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | — | — |
| | | 1 | 56 | 71 | 90 | 112 | 140 | 180 | 224 |
| | | 1,25 | 60 | 75 | 95 | 118 | 150 | 190 | 236 |
| | | 1,5 | 67 | 85 | 106 | 132 | 170 | 212 | 265 |
| 11,2 | 22,4 | 1 | 60 | 75 | 95 | 118 | 150 | 190 | 236 |
| | | 1,25 | 67 | 85 | 106 | 132 | 170 | 212 | 265 |
| | | 1,5 | 71 | 90 | 112 | 140 | 180 | 224 | 280 |
| | | 1,75 | 75 | 95 | 118 | 150 | 190 | 236 | 300 |
| | | 2 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 |
| | | 2,5 | 85 | 106 | 132 | 170 | 212 | 265 | 335 |
| 22,4 | 45 | 1 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 |
| | | 1,5 | 75 | 95 | 118 | 150 | 190 | 236 | 300 |
| | | 2 | 85 | 106 | 132 | 170 | 212 | 265 | 335 |
| | | 3 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 |
| | | 3,5 | 106 | 132 | 170 | 212 | 265 | 335 | 425 |
| | | 4 | 112 | 140 | 180 | 224 | 280 | 355 | 450 |
| | | 4,5 | 118 | 150 | 190 | 236 | 300 | 375 | 475 |
| 45 | 90 | 1,5 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 |
| | | 2 | 90 | 112 | 140 | 180 | 224 | 280 | 355 |
| | | 3 | 106 | 132 | 170 | 212 | 265 | 335 | 425 |
| | | 4 | 118 | 150 | 190 | 236 | 300 | 375 | 475 |
| | | 5 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 |
| | | 5,5 | 132 | 170 | 212 | 265 | 335 | 425 | 530 |
| | | 6 | 140 | 180 | 224 | 280 | 355 | 450 | 560 |
| 90 | 180 | 2 | 95 | 118 | 150 | 190 | 236 | 300 | 375 |
| | | 3 | 112 | 140 | 180 | 224 | 280 | 355 | 450 |
| | | 4 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 |
| | | 6 | 150 | 190 | 236 | 300 | 375 | 475 | 600 |
| | | 8 | 170 | 212 | 265 | 335 | 425 | 530 | 670 |

## Kernausrundung

Das Istprofil der Kernausrundung sowohl des Innen- als auch des Außengewindes darf an keiner Stelle das Grundprofil überschreiten.
Bei Außengewinden für Schrauben der Festigkeitsklasse 8.8 und höher (siehe ISO 898-1) muss die Kernausrundung eine gleichmäßige Kurve aufweisen, deren Teile keinen Radius kleiner 0,125 x P haben dürfen.
Bei der größtmöglichen Abflachung mit dem größten Kerndurchmesser $d_3$ verlaufen die beiden Radien von $R_{min}$ = 0,125 P durch die Schnittpunkte zwischen den Maximal-Material-Flanken und dem Kerndurchmesser der Gutlehre nach ISO 1502 und gehen tangential in die Minimum-Material-Flanken über.

Die größte Abflachung $C_{max}$ wird nach folgender Gleichung berechnet:

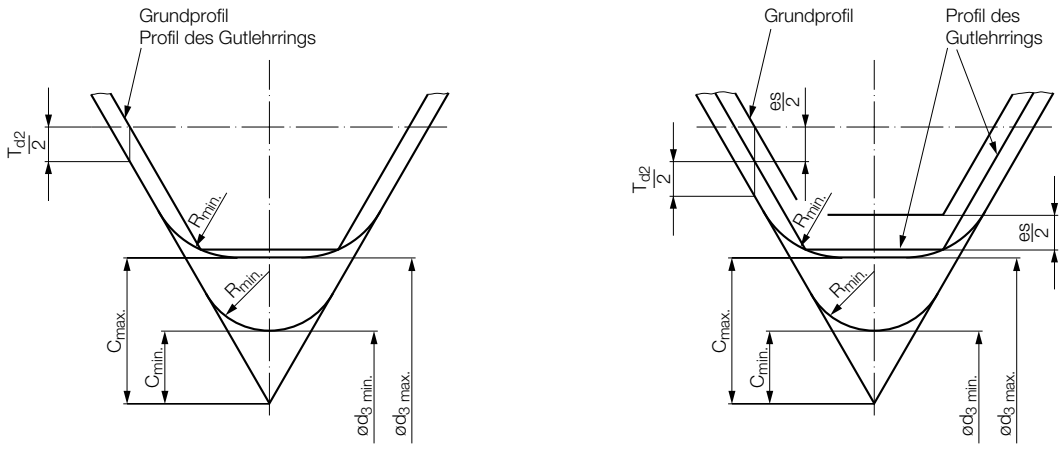
$$C_{max} = \frac{H}{4} - R_{min}\left\{1 - \cos\left[\frac{\pi}{3} - \arccos\left(1 - \frac{T_{d2}}{4 \times R_{min}}\right)\right]\right\} + \frac{T_{d2}}{2}$$

Es ist jedoch ratsam, eine $^{H}/_{6}$-Abflachung anzuwenden (R = 0,14434 x P) und für Festigkeitsberechnungen den Kerndurchmesser des Außengewindes $d_3$ mit einer $^{H}/_{6}$-Abflachung in die Berechnung einzusetzen (entsprechende Werte siehe ISO 965-3).

Die kleinste Abflachung $C_{min}$ wird nach der folgenden Gleichung berechnet:

$$C_{min} = 0{,}125\ P - \frac{H}{7}$$

Außengewinde von Schrauben mit einer Festigkeitsklasse unter 8.8 sollten vorzugsweise die vorgenannten Anforderungen erfüllen. Dies ist besonders wichtig für Schrauben oder andere Schraubverbindungen, die Verschleiß oder Stößen ausgesetzt sind. Es gibt jedoch grundsätzlich keine anderen Einschränkungen als die, dass der größte Kerndurchmesser des Außengewindes $d_{3max}$ kleiner als der kleinste Kerndurchmesser der Gutlehre nach ISO 1502 sein muss.

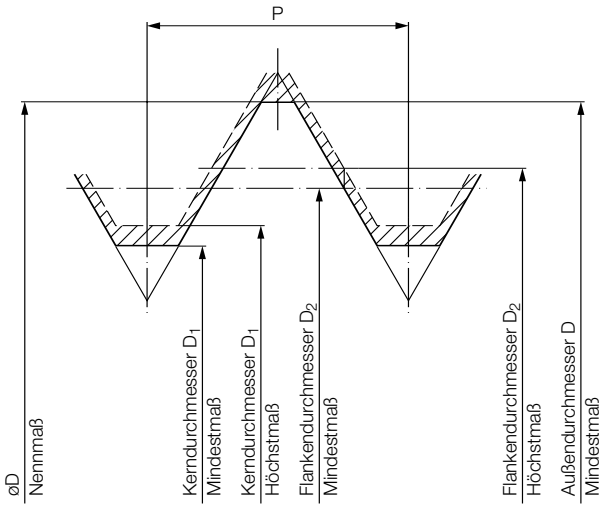



**Toleranzfeldlage h** **Toleranzfeldlagen e, f und g**

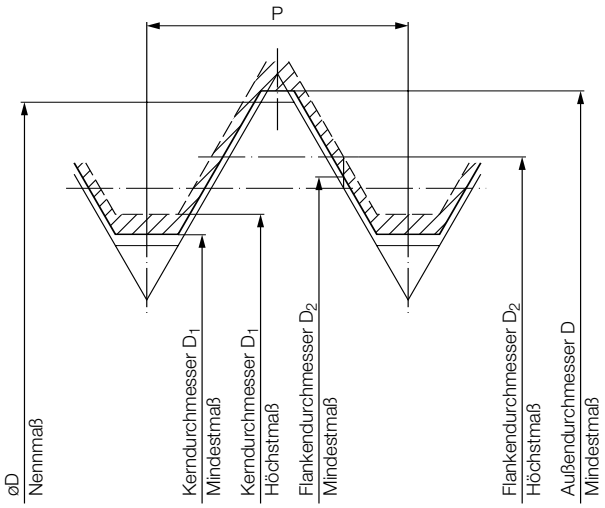
**Kernausrundung des Außengewindes**

## 15.2.3 Grenzmaße

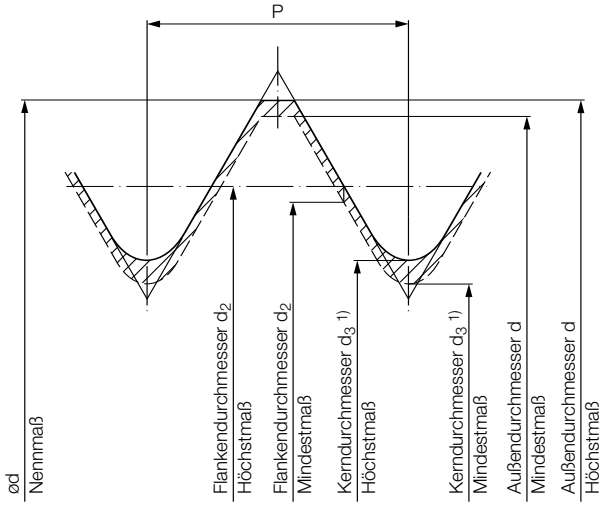
### 15.2.3.1 Metrisches ISO-Regelgewinde (Auszug aus DIN 13-20)



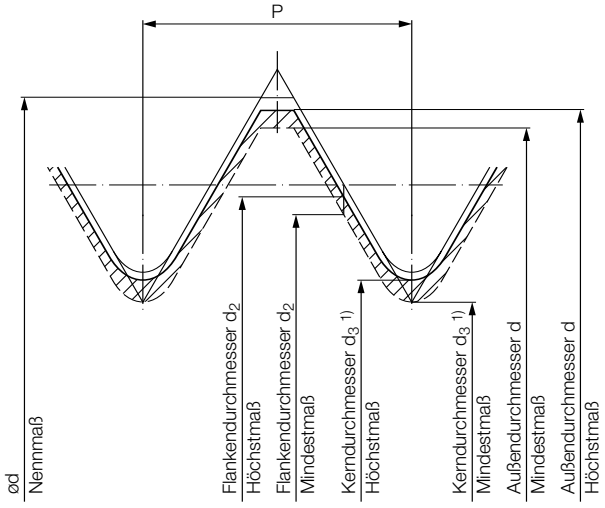

**Innengewinde mit Toleranzfeldlage H**




**Innengewinde mit Toleranzfeldlage G**




**Außengewinde mit Toleranzfeldlage h**




**Außengewinde mit Toleranzfeldlagen e, f, g**

[1] Größtmaß mit $R = 0{,}144\ P = \frac{H}{6}$, Kleinstmaß mit $R_{min.} = 0{,}125\ P \approx \frac{H}{7}$ errechnet.

## Grenzmaße für Innen- und Außengewinde (Metrisches ISO-Regelgewinde, Auszug aus DIN 13-20)

| Gewinde-Nenndurchmesser d = D | Steigung P | Innengewinde | | | | | | Außengewinde | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Toleranzklasse | Außendurchmesser D | Flankendurchmesser $D_2$ | | Kerndurchmesser $D_1$ | | Toleranzklasse | Außendurchmesser d | | Flankendurchmesser $d_2$ | | Kerndurchmesser $d_3$ | |
| | | | Mindestmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß |
| 1 | 0,25 | 4H | 1 | 0,838 | 0,883 | 0,729 | 0,774 | 4h | 1 | 0,958 | 0,838 | 0,804 | 0,693 | 0,649 |
| | | 5H | 1 | 0,838 | 0,894 | 0,729 | 0,785 | 6h | 1 | 0,933 | 0,838 | 0,785 | 0,693 | 0,63 |
| | | 5G | 1,018 | 0,856 | 0,912 | 0,747 | 0,803 | 5e | 0,955 | 0,901 | 0,793 | 0,751 | 0,648 | 0,596 |
| | | | | | | | | 5f | 0,967 | 0,913 | 0,805 | 0,763 | 0,66 | 0,608 |
| 1,1 | 0,25 | 4H | 1,1 | 0,938 | 0,983 | 0,829 | 0,874 | 4h | 1,1 | 1,058 | 0,938 | 0,904 | 0,793 | 0,749 |
| | | 5H | 1,1 | 0,938 | 0,994 | 0,829 | 0,885 | 6h | 1,1 | 1,033 | 0,938 | 0,885 | 0,793 | 0,73 |
| | | 5G | 1,118 | 0,956 | 1,012 | 0,847 | 0,903 | 5e | 1,055 | 1,001 | 0,893 | 0,851 | 0,748 | 0,696 |
| | | | | | | | | 5f | 1,067 | 1,013 | 0,905 | 0,863 | 0,76 | 0,708 |
| 1,2 | 0,25 | 4H | 1,2 | 1,038 | 1,083 | 0,929 | 0,974 | 4h | 1,2 | 1,158 | 1,038 | 1,004 | 0,893 | 0,849 |
| | | 5H | 1,2 | 1,038 | 1,094 | 0,929 | 0,985 | 6h | 1,2 | 1,133 | 1,038 | 0,985 | 0,893 | 0,83 |
| | | 5G | 1,218 | 1,056 | 1,112 | 0,947 | 1,003 | 5e | 1,155 | 1,101 | 0,993 | 0,951 | 0,848 | 0,796 |
| | | | | | | | | 5f | 1,167 | 1,113 | 1,005 | 0,963 | 0,86 | 0,808 |
| 1,4 | 0,3 | 4H | 1,4 | 1,205 | 1,253 | 1,075 | 1,128 | 4h | 1,4 | 1,352 | 1,205 | 1,169 | 1,032 | 0,984 |
| | | 5H | 1,4 | 1,205 | 1,265 | 1,075 | 1,142 | 6h | 1,4 | 1,325 | 1,205 | 1,149 | 1,032 | 0,964 |
| | | 5G | 1,418 | 1,223 | 1,283 | 1,093 | 1,16 | 5e | 1,354 | 1,294 | 1,159 | 1,114 | 0,986 | 0,929 |
| | | | | | | | | 5f | 1,367 | 1,307 | 1,172 | 1,127 | 0,999 | 0,942 |
| 1,6 | 0,35 | 4H | 1,6 | 1,373 | 1,426 | 1,221 | 1,284 | 4h | 1,6 | 1,547 | 1,373 | 1,333 | 1,17 | 1,117 |
| | | 5H | 1,6 | 1,373 | 1,44 | 1,221 | 1,301 | 6g | 1,581 | 1,496 | 1,354 | 1,291 | 1,151 | 1,075 |
| | | 6H | 1,6 | 1,373 | 1,458 | 1,221 | 1,321 | 6e | 1,554 | 1,469 | 1,327 | 1,264 | 1,124 | 1,048 |
| | | 6G | 1,619 | 1,392 | 1,477 | 1,24 | 1,34 | 6f | 1,566 | 1,481 | 1,339 | 1,276 | 1,136 | 1,06 |
| 1,8 | 0,35 | 4H | 1,8 | 1,573 | 1,626 | 1,421 | 1,484 | 4h | 1,8 | 1,747 | 1,573 | 1,533 | 1,37 | 1,317 |
| | | 5H | 1,8 | 1,573 | 1,64 | 1,421 | 1,501 | 6g | 1,781 | 1,696 | 1,554 | 1,491 | 1,351 | 1,275 |
| | | 6H | 1,8 | 1,573 | 1,658 | 1,421 | 1,521 | 6e | 1,754 | 1,669 | 1,527 | 1,464 | 1,324 | 1,248 |
| | | 6G | 1,819 | 1,592 | 1,677 | 1,44 | 1,54 | 6f | 1,766 | 1,681 | 1,539 | 1,476 | 1,336 | 1,26 |
| 2 | 0,4 | 5H | 2 | 1,74 | 1,811 | 1,567 | 1,657 | 4h | 2 | 1,94 | 1,74 | 1,698 | 1,509 | 1,451 |
| | | 6H | 2 | 1,74 | 1,83 | 1,567 | 1,679 | 6g | 1,981 | 1,886 | 1,721 | 1,654 | 1,49 | 1,407 |
| | | 6G | 2,019 | 1,759 | 1,849 | 1,586 | 1,698 | 6e | 1,952 | 1,857 | 1,692 | 1,625 | 1,461 | 1,378 |
| | | | | | | | | 6f | 1,966 | 1,871 | 1,706 | 1,639 | 1,475 | 1,392 |
| 2,2 | 0,45 | 5H | 2,2 | 1,908 | 1,983 | 1,713 | 1,813 | 4h | 2,2 | 2,137 | 1,908 | 1,863 | 1,648 | 1,586 |
| | | 6H | 2,2 | 1,908 | 2,003 | 1,713 | 1,838 | 6g | 2,18 | 2,08 | 1,888 | 1,817 | 1,628 | 1,54 |
| | | 6G | 2,22 | 1,928 | 2,023 | 1,733 | 1,858 | 6e | 2,152 | 2,052 | 1,86 | 1,789 | 1,6 | 1,512 |
| | | | | | | | | 6f | 2,165 | 2,065 | 1,873 | 1,802 | 1,613 | 1,525 |
| 2,5 | 0,45 | 5H | 2,5 | 2,208 | 2,283 | 2,013 | 2,113 | 4h | 2,5 | 2,437 | 2,208 | 2,163 | 1,948 | 1,886 |
| | | 6H | 2,5 | 2,208 | 2,303 | 2,013 | 2,138 | 6g | 2,48 | 2,38 | 2,188 | 2,117 | 1,928 | 1,84 |
| | | 6G | 2,52 | 2,228 | 2,323 | 2,033 | 2,158 | 6e | 2,452 | 2,352 | 2,16 | 2,089 | 1,9 | 1,812 |
| | | | | | | | | 6f | 2,465 | 2,365 | 2,173 | 2,102 | 1,913 | 1,825 |
| 3 | 0,5 | 5H | 3 | 2,675 | 2,755 | 2,459 | 2,571 | 4h | 3 | 2,933 | 2,675 | 2,627 | 2,387 | 2,32 |
| | | 6H | 3 | 2,675 | 2,775 | 2,459 | 2,599 | 6g | 2,98 | 2,874 | 2,655 | 2,58 | 2,367 | 2,273 |
| | | 7H | 3 | 2,675 | 2,8 | 2,459 | 2,639 | 6e | 2,95 | 2,844 | 2,625 | 2,55 | 2,337 | 2,243 |
| | | 6G | 3,02 | 2,695 | 2,795 | 2,479 | 2,619 | 6f | 2,964 | 2,858 | 2,639 | 2,564 | 2,351 | 2,257 |
| 3,5 | 0,6 | 5H | 3,5 | 3,11 | 3,2 | 2,85 | 2,975 | 4h | 3,5 | 3,42 | 3,11 | 3,057 | 2,764 | 2,688 |
| | | 6H | 3,5 | 3,11 | 3,222 | 2,85 | 3,01 | 6g | 3,479 | 3,354 | 3,089 | 3,004 | 2,743 | 2,635 |
| | | 7H | 3,5 | 3,11 | 3,25 | 2,85 | 3,05 | 6e | 3,447 | 3,322 | 3,057 | 2,972 | 2,711 | 2,603 |
| | | 6G | 3,521 | 3,131 | 3,243 | 2,871 | 3,031 | 6f | 3,464 | 3,339 | 3,074 | 2,989 | 2,728 | 2,62 |



# Gewindetabellen

## Grenzmaße für Innen- und Außengewinde (Metrisches ISO-Regelgewinde, Auszug aus DIN 13-20)

| Gewinde-Nenndurchmesser d = D | Steigung P | Innengewinde | | | | | | Außengewinde | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Toleranzklasse | Außendurchmesser D | Flankendurchmesser $D_2$ | | Kerndurchmesser $D_1$ | | Toleranzklasse | Außendurchmesser d | | Flankendurchmesser $d_2$ | | Kerndurchmesser $d_3$ | |
| | | | Mindestmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß |
| 4 | 0,7 | 5H | 4 | 3,545 | 3,64 | 3,242 | 3,382 | 4h | 4 | 3,91 | 3,545 | 3,489 | 3,141 | 3,058 |
| | | 6H | 4 | 3,545 | 3,663 | 3,242 | 3,422 | 6g | 3,978 | 3,838 | 3,523 | 3,433 | 3,119 | 3,002 |
| | | 7H | 4 | 3,545 | 3,695 | 3,242 | 3,466 | 6e | 3,944 | 3,804 | 3,489 | 3,399 | 3,085 | 2,968 |
| | | 6G | 4,022 | 3,567 | 3,685 | 3,264 | 3,444 | 6f | 3,962 | 3,822 | 3,507 | 3,417 | 3,103 | 2,986 |
| 4,5 | 0,75 | 5H | 4,5 | 4,013 | 4,108 | 3,688 | 3,838 | 4h | 4,5 | 4,41 | 4,013 | 3,957 | 3,58 | 3,495 |
| | | 6H | 4,5 | 4,013 | 4,131 | 3,688 | 3,878 | 6g | 4,478 | 4,338 | 3,991 | 3,901 | 3,558 | 3,439 |
| | | 7H | 4,5 | 4,013 | 4,163 | 3,688 | 3,924 | 6e | 4,444 | 4,304 | 3,957 | 3,867 | 3,524 | 3,405 |
| | | 6G | 4,522 | 4,035 | 4,153 | 3,71 | 3,9 | 6f | 4,462 | 4,322 | 3,975 | 3,885 | 3,542 | 3,423 |
| 5 | 0,8 | 5H | 5 | 4,48 | 4,58 | 4,134 | 4,294 | 4h | 5 | 4,905 | 4,48 | 4,42 | 4,019 | 3,928 |
| | | 6H | 5 | 4,48 | 4,605 | 4,134 | 4,334 | 6g | 4,976 | 4,826 | 4,456 | 4,361 | 3,995 | 3,869 |
| | | 7H | 5 | 4,48 | 4,64 | 4,134 | 4,384 | 8g | 4,976 | 4,74 | 4,456 | 4,306 | 3,995 | 3,814 |
| | | 6G | 5,024 | 4,504 | 4,629 | 4,158 | 4,358 | 6e | 4,94 | 4,79 | 4,42 | 4,325 | 3,959 | 3,833 |
| | | 7G | 5,024 | 4,504 | 4,664 | 4,158 | 4,408 | 8e | 4,94 | 4,704 | 4,42 | 4,27 | 3,959 | 3,778 |
| | | | | | | | | 6f | 4,962 | 4,812 | 4,442 | 4,347 | 3,981 | 3,855 |
| 6 | 1 | 5H | 6 | 5,35 | 5,468 | 4,917 | 5,107 | 4h | 6 | 5,888 | 5,35 | 5,279 | 4,773 | 4,663 |
| | | 6H | 6 | 5,35 | 5,5 | 4,917 | 5,153 | 6g | 5,974 | 5,794 | 5,324 | 5,212 | 4,747 | 4,596 |
| | | 7H | 6 | 5,35 | 5,54 | 4,917 | 5,217 | 8g | 5,974 | 5,694 | 5,324 | 5,144 | 4,747 | 4,528 |
| | | 6G | 6,026 | 5,376 | 5,526 | 4,943 | 5,179 | 6e | 5,94 | 5,76 | 5,29 | 5,178 | 4,713 | 4,562 |
| | | 7G | 6,026 | 5,376 | 5,566 | 4,943 | 5,243 | 8e | 5,94 | 5,66 | 5,29 | 5,11 | 4,713 | 4,494 |
| | | | | | | | | 6f | 5,96 | 5,78 | 5,31 | 5,198 | 4,733 | 4,582 |
| 7 | 1 | 5H | 7 | 6,35 | 6,468 | 5,917 | 6,107 | 4h | 7 | 6,888 | 6,35 | 6,279 | 5,773 | 5,663 |
| | | 6H | 7 | 6,35 | 6,5 | 5,917 | 6,153 | 6g | 6,974 | 6,794 | 6,324 | 6,212 | 5,747 | 5,596 |
| | | 7H | 7 | 6,35 | 6,54 | 5,917 | 6,217 | 8g | 6,974 | 6,694 | 6,324 | 6,144 | 5,747 | 5,528 |
| | | 6G | 7,026 | 6,376 | 6,526 | 5,943 | 6,179 | 6e | 6,94 | 6,76 | 6,29 | 6,178 | 5,713 | 5,562 |
| | | 7G | 7,026 | 6,376 | 6,566 | 5,943 | 6,243 | 8e | 6,94 | 6,66 | 6,29 | 6,11 | 5,713 | 5,494 |
| | | | | | | | | 6f | 6,96 | 6,78 | 6,31 | 6,198 | 5,733 | 5,582 |
| 8 | 1,25 | 5H | 8 | 7,188 | 7,313 | 6,647 | 6,859 | 4h | 8 | 7,868 | 7,188 | 7,113 | 6,466 | 6,343 |
| | | 6H | 8 | 7,188 | 7,348 | 6,647 | 6,912 | 6g | 7,972 | 7,76 | 7,16 | 7,042 | 6,438 | 6,272 |
| | | 7H | 8 | 7,188 | 7,388 | 6,647 | 6,982 | 8g | 7,972 | 7,637 | 7,16 | 6,97 | 6,438 | 6,2 |
| | | 6G | 8,028 | 7,216 | 7,376 | 6,675 | 6,94 | 6e | 7,937 | 7,725 | 7,125 | 7,007 | 6,403 | 6,237 |
| | | 7G | 8,028 | 7,216 | 7,416 | 6,675 | 7,01 | 8e | 7,937 | 7,602 | 7,125 | 6,935 | 6,403 | 6,165 |
| | | | | | | | | 6f | 7,958 | 7,746 | 7,146 | 7,028 | 6,424 | 6,258 |
| 9 | 1,25 | 5H | 9 | 8,188 | 8,313 | 7,647 | 7,859 | 4h | 9 | 8,868 | 8,188 | 8,113 | 7,466 | 7,343 |
| | | 6H | 9 | 8,188 | 8,348 | 7,647 | 7,912 | 6g | 8,972 | 8,76 | 8,16 | 8,042 | 7,438 | 7,272 |
| | | 7H | 9 | 8,188 | 8,388 | 7,647 | 7,982 | 8g | 8,972 | 8,637 | 8,16 | 7,97 | 7,438 | 7,2 |
| | | 6G | 9,028 | 8,216 | 8,376 | 7,675 | 7,94 | 6e | 8,937 | 8,725 | 8,125 | 8,007 | 7,403 | 7,237 |
| | | 7G | 9,028 | 8,216 | 8,416 | 7,675 | 8,01 | 8e | 8,937 | 8,602 | 8,125 | 7,935 | 7,403 | 7,165 |
| | | | | | | | | 6f | 8,958 | 8,746 | 8,146 | 8,028 | 7,424 | 7,258 |
| 10 | 1,5 | 5H | 10 | 9,026 | 9,166 | 8,376 | 8,612 | 4h | 10 | 9,85 | 9,026 | 8,941 | 8,16 | 8,017 |
| | | 6H | 10 | 9,026 | 9,206 | 8,376 | 8,676 | 6g | 9,968 | 9,732 | 8,994 | 8,862 | 8,128 | 7,938 |
| | | 7H | 10 | 9,026 | 9,25 | 8,376 | 8,751 | 8g | 9,968 | 9,593 | 8,994 | 8,782 | 8,128 | 7,858 |
| | | 6G | 10,032 | 9,058 | 9,238 | 8,408 | 8,708 | 6e | 9,933 | 9,697 | 8,959 | 8,827 | 8,093 | 7,903 |
| | | 7G | 10,032 | 9,058 | 9,282 | 8,408 | 8,783 | 8e | 9,933 | 9,558 | 8,959 | 8,747 | 8,093 | 7,823 |
| | | | | | | | | 6f | 9,955 | 9,719 | 8,981 | 8,849 | 8,115 | 7,925 |

## Grenzmaße für Innen- und Außengewinde (Metrisches ISO-Regelgewinde, Auszug aus DIN 13-20)

| Gewinde-Nenndurchmesser d = D | Steigung P | Innengewinde | | | | | | Außengewinde | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Toleranzklasse | Außendurchmesser D | Flankendurchmesser $D_2$ | | Kerndurchmesser $D_1$ | | Toleranzklasse | Außendurchmesser d | | Flankendurchmesser $d_2$ | | Kerndurchmesser $d_3$ | |
| | | | Mindestmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß |
| 11 | 1,5 | 5H | 11 | 10,026 | 10,166 | 9,376 | 9,612 | 4h | 11 | 10,85 | 10,026 | 9,941 | 9,16 | 9,017 |
| | | 6H | 11 | 10,026 | 10,206 | 9,376 | 9,676 | 6g | 10,968 | 10,732 | 9,994 | 9,862 | 9,128 | 8,938 |
| | | 7H | 11 | 10,026 | 10,25 | 9,376 | 9,751 | 8g | 10,968 | 10,593 | 9,994 | 9,782 | 9,128 | 8,858 |
| | | 6G | 11,032 | 10,058 | 10,238 | 9,408 | 9,708 | 6e | 10,933 | 10,697 | 9,959 | 9,827 | 9,093 | 8,903 |
| | | 7G | 11,032 | 10,058 | 10,282 | 9,408 | 9,783 | 8e | 10,933 | 10,558 | 9,959 | 9,747 | 9,093 | 8,823 |
| | | | | | | | | 6f | 10,955 | 10,719 | 9,981 | 9,849 | 9,115 | 8,925 |
| 12 | 1,75 | 5H | 12 | 10,863 | 11,023 | 10,106 | 10,371 | 4h | 12 | 11,83 | 10,863 | 10,768 | 9,853 | 9,691 |
| | | 6H | 12 | 10,863 | 11,063 | 10,106 | 10,441 | 6g | 11,966 | 11,701 | 10,829 | 10,679 | 9,819 | 9,602 |
| | | 7H | 12 | 10,863 | 11,113 | 10,106 | 10,531 | 8g | 11,966 | 11,541 | 10,829 | 10,593 | 9,819 | 9,516 |
| | | 6G | 12,034 | 10,897 | 11,097 | 10,14 | 10,475 | 6e | 11,929 | 11,664 | 10,792 | 10,642 | 9,782 | 9,565 |
| | | 7G | 12,034 | 10,897 | 11,147 | 10,14 | 10,565 | 8e | 11,929 | 11,504 | 10,792 | 10,556 | 9,782 | 9,479 |
| | | | | | | | | 6f | 11,952 | 11,687 | 10,815 | 10,665 | 9,805 | 9,588 |
| 14 | 2 | 5H | 14 | 12,701 | 12,871 | 11,835 | 12,135 | 4h | 14 | 13,82 | 12,701 | 12,601 | 11,546 | 11,369 |
| | | 6H | 14 | 12,701 | 12,913 | 11,835 | 12,21 | 6g | 13,962 | 13,682 | 12,663 | 12,503 | 11,508 | 11,271 |
| | | 7H | 14 | 12,701 | 12,966 | 11,835 | 12,31 | 8g | 13,962 | 13,512 | 12,663 | 12,413 | 11,508 | 11,181 |
| | | 6G | 14,038 | 12,739 | 12,951 | 11,873 | 12,248 | 6e | 13,929 | 13,649 | 12,63 | 12,47 | 11,475 | 11,238 |
| | | 7G | 14,038 | 12,739 | 13,004 | 11,873 | 12,348 | 8e | 13,929 | 13,479 | 12,63 | 12,38 | 11,475 | 11,148 |
| | | | | | | | | 6f | 13,948 | 13,668 | 12,649 | 12,489 | 11,494 | 11,257 |
| 16 | 2 | 5H | 16 | 14,701 | 14,871 | 13,835 | 14,135 | 4h | 16 | 15,82 | 14,701 | 14,601 | 13,546 | 13,369 |
| | | 6H | 16 | 14,701 | 14,913 | 13,835 | 14,21 | 6g | 15,962 | 15,682 | 14,663 | 14,503 | 13,508 | 13,271 |
| | | 7H | 16 | 14,701 | 14,966 | 13,835 | 14,31 | 8g | 15,962 | 15,512 | 14,663 | 14,413 | 13,508 | 13,181 |
| | | 6G | 16,038 | 14,739 | 14,951 | 13,873 | 14,248 | 6e | 15,929 | 15,649 | 14,63 | 14,47 | 13,475 | 13,238 |
| | | 7G | 16,038 | 14,739 | 15,004 | 13,873 | 14,348 | 8e | 15,929 | 15,479 | 14,63 | 14,38 | 13,475 | 13,148 |
| | | | | | | | | 6f | 15,948 | 15,668 | 14,649 | 14,489 | 13,494 | 13,257 |
| 18 | 2,5 | 5H | 18 | 16,376 | 16,556 | 15,294 | 15,649 | 4h | 18 | 17,788 | 16,376 | 16,27 | 14,933 | 14,731 |
| | | 6H | 18 | 16,376 | 16,6 | 15,294 | 15,744 | 6g | 17,958 | 17,623 | 16,334 | 16,164 | 14,891 | 14,625 |
| | | 7H | 18 | 16,376 | 16,656 | 15,294 | 15,854 | 8g | 17,958 | 17,428 | 16,334 | 16,069 | 14,891 | 14,53 |
| | | 6G | 18,042 | 16,418 | 16,642 | 15,336 | 15,786 | 6e | 17,92 | 17,585 | 16,296 | 16,126 | 14,853 | 14,587 |
| | | 7G | 18,042 | 16,418 | 16,698 | 15,336 | 15,896 | 8e | 17,92 | 17,39 | 16,296 | 16,031 | 14,853 | 14,492 |
| | | | | | | | | 6f | 17,942 | 17,607 | 16,318 | 16,148 | 14,875 | 14,609 |
| 20 | 2,5 | 5H | 20 | 18,376 | 18,556 | 17,294 | 17,649 | 4h | 20 | 19,788 | 18,376 | 18,27 | 16,933 | 16,731 |
| | | 6H | 20 | 18,376 | 18,6 | 17,294 | 17,744 | 6g | 19,958 | 19,623 | 18,334 | 18,164 | 16,891 | 16,625 |
| | | 7H | 20 | 18,376 | 18,656 | 17,294 | 17,854 | 8g | 19,958 | 19,428 | 18,334 | 18,069 | 16,891 | 16,53 |
| | | 6G | 20,042 | 18,418 | 18,642 | 17,336 | 17,786 | 6e | 19,92 | 19,585 | 18,296 | 18,126 | 16,853 | 16,587 |
| | | 7G | 20,042 | 18,418 | 18,698 | 17,336 | 17,896 | 8e | 19,92 | 19,39 | 18,296 | 18,031 | 16,853 | 16,492 |
| | | | | | | | | 6f | 19,942 | 19,607 | 18,318 | 18,148 | 16,875 | 16,609 |
| 22 | 2,5 | 5H | 22 | 20,376 | 20,556 | 19,294 | 19,649 | 4h | 22 | 21,788 | 20,376 | 20,27 | 18,933 | 18,731 |
| | | 6H | 22 | 20,376 | 20,6 | 19,294 | 19,744 | 6g | 21,958 | 21,623 | 20,334 | 20,164 | 18,891 | 18,625 |
| | | 7H | 22 | 20,376 | 20,656 | 19,294 | 19,854 | 8g | 21,958 | 21,428 | 20,334 | 20,069 | 18,891 | 18,53 |
| | | 6G | 22,042 | 20,418 | 20,642 | 19,336 | 19,786 | 6e | 21,92 | 21,585 | 20,296 | 20,126 | 18,853 | 18,587 |
| | | 7G | 22,042 | 20,418 | 20,698 | 19,336 | 19,896 | 8e | 21,92 | 21,39 | 20,296 | 20,031 | 18,853 | 18,492 |
| | | | | | | | | 6f | 21,942 | 21,607 | 20,318 | 20,148 | 18,875 | 18,609 |



# Gewindetabellen

## Grenzmaße für Innen- und Außengewinde (Metrisches ISO-Regelgewinde, Auszug aus DIN 13-20)

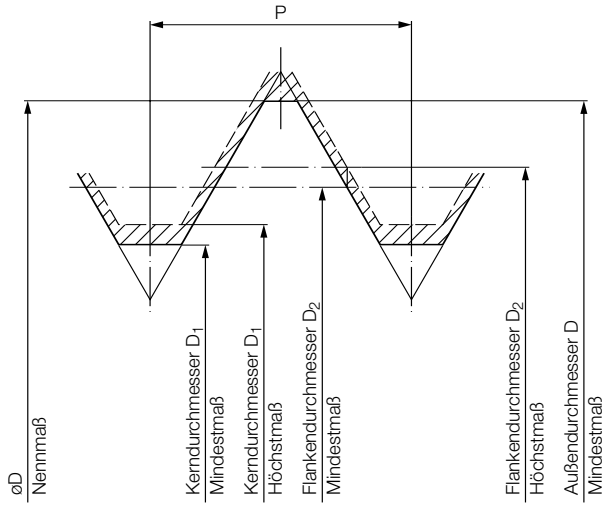
| Gewinde-Nenndurchmesser d = D | Steigung P | Innengewinde | | | | | | Außengewinde | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Toleranzklasse | Außendurchmesser D | Flankendurchmesser $D_2$ | | Kerndurchmesser $D_1$ | | Toleranzklasse | Außendurchmesser d | | Flankendurchmesser $d_2$ | | Kerndurchmesser $d_3$ | |
| | | | Mindestmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß |
| 24 | 3 | 5H | 24 | 22,051 | 22,263 | 20,752 | 21,152 | 4h | 24 | 23,764 | 22,051 | 21,926 | 20,319 | 20,078 |
| | | 6H | 24 | 22,051 | 22,316 | 20,752 | 21,252 | 6g | 23,952 | 23,577 | 22,003 | 21,803 | 20,271 | 19,955 |
| | | 7H | 24 | 22,051 | 22,386 | 20,752 | 21,382 | 8g | 23,952 | 23,352 | 22,003 | 21,688 | 20,271 | 19,84 |
| | | 6G | 24,048 | 22,099 | 22,364 | 20,8 | 21,3 | 6e | 23,915 | 23,54 | 21,966 | 21,766 | 20,234 | 19,918 |
| | | 7G | 24,048 | 22,099 | 22,434 | 20,8 | 21,43 | 8e | 23,915 | 23,315 | 21,966 | 21,651 | 20,234 | 19,803 |
| | | | | | | | | 6f | 23,937 | 23,562 | 21,988 | 21,788 | 20,256 | 19,94 |
| 27 | 3 | 5H | 27 | 25,051 | 25,263 | 23,752 | 24,152 | 4h | 27 | 26,764 | 25,051 | 24,926 | 23,319 | 23,078 |
| | | 6H | 27 | 25,051 | 25,316 | 23,752 | 24,252 | 6g | 26,952 | 26,577 | 25,003 | 24,803 | 23,271 | 22,955 |
| | | 7H | 27 | 25,051 | 25,386 | 23,752 | 24,382 | 8g | 26,952 | 26,352 | 25,003 | 24,688 | 23,271 | 22,84 |
| | | 6G | 27,048 | 25,099 | 25,364 | 23,8 | 24,3 | 6e | 26,915 | 26,54 | 24,966 | 24,766 | 23,234 | 22,918 |
| | | 7G | 27,048 | 25,099 | 25,434 | 23,8 | 24,43 | 8e | 26,915 | 26,315 | 24,966 | 24,651 | 23,234 | 22,803 |
| | | | | | | | | 6f | 26,937 | 26,562 | 24,988 | 24,788 | 23,256 | 22,94 |
| 30 | 3,5 | 5H | 30 | 27,727 | 27,951 | 26,211 | 26,661 | 4h | 30 | 29,735 | 27,727 | 27,595 | 25,706 | 25,439 |
| | | 6H | 30 | 27,727 | 28,007 | 26,211 | 26,771 | 6g | 29,947 | 29,522 | 27,674 | 27,462 | 25,653 | 25,306 |
| | | 7H | 30 | 27,727 | 28,082 | 26,211 | 26,921 | 8g | 29,947 | 29,277 | 27,674 | 27,339 | 25,653 | 25,183 |
| | | 6G | 30,053 | 27,78 | 28,06 | 26,264 | 26,824 | 6e | 29,91 | 29,485 | 27,637 | 27,425 | 25,616 | 25,269 |
| | | 7G | 30,053 | 27,78 | 28,135 | 26,264 | 26,974 | 8e | 29,91 | 29,24 | 27,637 | 27,302 | 25,616 | 25,146 |
| | | | | | | | | 6f | 29,93 | 29,505 | 27,657 | 27,445 | 25,636 | 25,289 |
| 33 | 3,5 | 5H | 33 | 30,727 | 30,951 | 29,211 | 29,661 | 4h | 33 | 32,735 | 30,727 | 30,595 | 28,706 | 28,439 |
| | | 6H | 33 | 30,727 | 31,007 | 29,211 | 29,771 | 6g | 32,947 | 32,522 | 30,674 | 30,462 | 28,653 | 28,306 |
| | | 7H | 33 | 30,727 | 31,082 | 29,211 | 29,921 | 8g | 32,947 | 32,277 | 30,674 | 30,339 | 28,653 | 28,183 |
| | | 6G | 33,053 | 30,78 | 31,06 | 29,264 | 29,824 | 6e | 32,91 | 32,485 | 30,637 | 30,425 | 28,616 | 28,269 |
| | | 7G | 33,053 | 30,78 | 31,135 | 29,264 | 29,974 | 8e | 32,91 | 32,24 | 30,637 | 30,302 | 28,616 | 28,146 |
| | | | | | | | | 6f | 32,93 | 32,505 | 30,657 | 30,445 | 28,636 | 28,289 |
| 36 | 4 | 5H | 36 | 33,402 | 33,638 | 31,67 | 32,145 | 4h | 36 | 35,7 | 33,402 | 33,262 | 31,093 | 30,799 |
| | | 6H | 36 | 33,402 | 33,702 | 31,67 | 32,27 | 6g | 35,94 | 35,465 | 33,342 | 33,118 | 31,033 | 30,655 |
| | | 7H | 36 | 33,402 | 33,777 | 31,67 | 32,42 | 8g | 35,94 | 35,19 | 33,342 | 32,987 | 31,033 | 30,524 |
| | | 6G | 36,06 | 33,462 | 33,762 | 31,73 | 32,33 | 6e | 35,905 | 35,43 | 33,307 | 33,083 | 30,998 | 30,62 |
| | | 7G | 36,06 | 33,462 | 33,837 | 31,73 | 32,48 | 8e | 35,905 | 35,155 | 33,307 | 32,952 | 30,998 | 30,489 |
| | | | | | | | | 6f | 35,925 | 35,45 | 33,327 | 33,103 | 31,018 | 30,64 |
| 39 | 4 | 5H | 39 | 36,402 | 36,638 | 34,67 | 35,145 | 4h | 39 | 38,7 | 36,402 | 36,262 | 34,093 | 33,799 |
| | | 6H | 39 | 36,402 | 36,702 | 34,67 | 35,27 | 6g | 38,94 | 38,465 | 36,342 | 36,118 | 34,033 | 33,655 |
| | | 7H | 39 | 36,402 | 36,777 | 34,67 | 35,42 | 8g | 38,94 | 38,19 | 36,342 | 35,987 | 34,033 | 33,524 |
| | | 6G | 39,06 | 36,462 | 36,762 | 34,73 | 35,33 | 6e | 38,905 | 38,43 | 36,307 | 36,083 | 33,998 | 33,62 |
| | | 7G | 39,06 | 36,462 | 36,837 | 34,73 | 35,48 | 8e | 38,905 | 38,155 | 36,307 | 35,952 | 33,998 | 33,489 |
| | | | | | | | | 6f | 38,925 | 38,45 | 36,327 | 36,103 | 34,018 | 33,64 |
| 42 | 4,5 | 5H | 42 | 39,077 | 39,327 | 37,129 | 37,659 | 4h | 42 | 41,685 | 39,077 | 38,927 | 36,479 | 36,156 |
| | | 6H | 42 | 39,077 | 39,392 | 37,129 | 37,799 | 6g | 41,937 | 41,437 | 39,014 | 38,778 | 36,416 | 36,007 |
| | | 7H | 42 | 39,077 | 39,477 | 37,129 | 37,979 | 8g | 41,937 | 41,137 | 39,014 | 38,639 | 36,416 | 35,868 |
| | | 6G | 42,063 | 39,14 | 39,455 | 37,192 | 37,862 | 6e | 41,9 | 41,4 | 38,977 | 38,741 | 36,379 | 35,97 |
| | | 7G | 42,063 | 39,14 | 39,54 | 37,192 | 38,042 | 8e | 41,9 | 41,1 | 38,977 | 38,602 | 36,379 | 35,831 |
| | | | | | | | | 6f | 41,92 | 41,42 | 38,997 | 38,761 | 36,399 | 35,99 |

## Grenzmaße für Innen- und Außengewinde (Metrisches ISO-Regelgewinde, Auszug aus DIN 13-20)

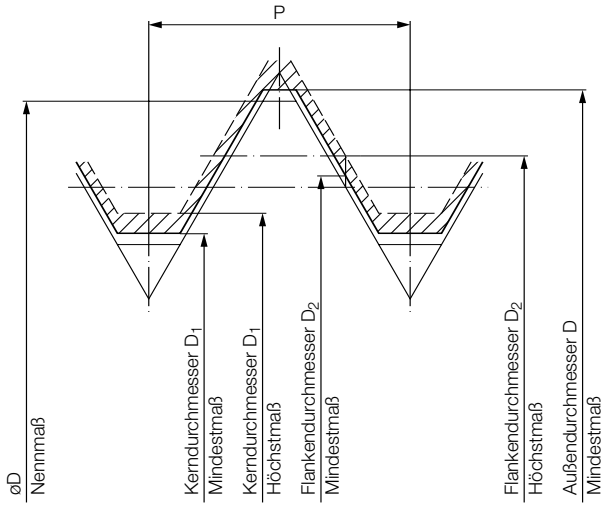
| Gewinde-Nenndurchmesser d = D | Steigung P | Innengewinde | | | | | | Außengewinde | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Toleranzklasse | Außendurchmesser D | Flankendurchmesser $D_2$ | | Kerndurchmesser $D_1$ | | Toleranzklasse | Außendurchmesser d | | Flankendurchmesser $d_2$ | | Kerndurchmesser $d_3$ | |
| | | | Mindestmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß |
| 45 | 4,5 | 5H | 45 | 42,077 | 42,327 | 40,129 | 40,659 | 4h | 45 | 44,685 | 42,077 | 41,927 | 39,479 | 39,156 |
| | | 6H | 45 | 42,077 | 42,392 | 40,129 | 40,799 | 6g | 44,937 | 44,437 | 42,014 | 41,778 | 39,416 | 39,007 |
| | | 7H | 45 | 42,077 | 42,477 | 40,129 | 40,979 | 8g | 44,937 | 44,137 | 42,014 | 41,639 | 39,416 | 38,868 |
| | | 6G | 45,063 | 42,14 | 42,455 | 40,192 | 40,862 | 6e | 44,9 | 44,4 | 41,977 | 41,741 | 39,379 | 38,97 |
| | | 7G | 45,063 | 42,14 | 42,54 | 40,192 | 41,042 | 8e | 44,9 | 44,1 | 41,977 | 41,602 | 39,379 | 38,831 |
| | | | | | | | | 6f | 44,92 | 44,42 | 41,997 | 41,761 | 39,399 | 38,99 |
| 48 | 5 | 5H | 48 | 44,752 | 45,017 | 42,587 | 43,147 | 4h | 48 | 47,665 | 44,752 | 44,592 | 41,866 | 41,513 |
| | | 6H | 48 | 44,752 | 45,087 | 42,587 | 43,297 | 6g | 47,929 | 47,399 | 44,681 | 44,431 | 41,795 | 41,352 |
| | | 7H | 48 | 44,752 | 45,177 | 42,587 | 43,487 | 8g | 47,929 | 47,079 | 44,681 | 44,281 | 41,795 | 41,202 |
| | | 6G | 48,071 | 44,823 | 45,158 | 42,658 | 43,368 | 6e | 47,894 | 47,364 | 44,646 | 44,396 | 41,76 | 41,317 |
| | | 7G | 48,071 | 44,823 | 45,248 | 42,658 | 43,558 | 8e | 47,894 | 47,044 | 44,646 | 44,246 | 41,76 | 41,167 |
| | | | | | | | | 6f | 47,915 | 47,385 | 44,667 | 44,417 | 41,781 | 41,338 |
| 52 | 5 | 5H | 52 | 48,752 | 48,017 | 46,587 | 47,147 | 4h | 52 | 51,665 | 48,752 | 48,592 | 45,866 | 45,513 |
| | | 6H | 52 | 48,752 | 49,087 | 46,587 | 47,297 | 6g | 51,929 | 51,399 | 48,681 | 48,431 | 45,795 | 45,352 |
| | | 7H | 52 | 48,752 | 49,177 | 46,587 | 47,487 | 8g | 51,929 | 51,079 | 48,681 | 48,281 | 45,795 | 45,202 |
| | | 6G | 52,071 | 48,823 | 49,158 | 46,658 | 47,368 | 6e | 51,894 | 51,364 | 48,646 | 48,396 | 45,76 | 45,317 |
| | | 7G | 52,071 | 48,823 | 49,248 | 46,658 | 47,558 | 8e | 51,894 | 51,044 | 48,646 | 48,246 | 45,76 | 45,167 |
| | | | | | | | | 6f | 51,915 | 51,385 | 48,667 | 48,417 | 45,781 | 45,338 |
| 56 | 5,5 | 5H | 56 | 52,428 | 52,708 | 50,046 | 50,646 | 4h | 56 | 55,645 | 52,428 | 52,258 | 49,252 | 48,87 |
| | | 6H | 56 | 52,428 | 52,783 | 50,046 | 50,796 | 6g | 55,925 | 55,365 | 52,353 | 52,088 | 49,177 | 48,7 |
| | | 7H | 56 | 52,428 | 52,878 | 50,046 | 50,996 | 8g | 55,925 | 55,025 | 52,353 | 51,928 | 49,177 | 48,54 |
| | | 6G | 56,075 | 52,503 | 52,858 | 50,121 | 50,871 | 6e | 55,888 | 55,328 | 52,316 | 52,051 | 49,14 | 48,663 |
| | | 7G | 56,075 | 52,503 | 52,953 | 50,121 | 51,071 | 8e | 55,888 | 54,988 | 52,316 | 51,891 | 49,14 | 48,503 |
| | | | | | | | | 6f | 55,91 | 55,35 | 52,338 | 52,073 | 49,162 | 48,685 |
| 60 | 5,5 | 5H | 60 | 56,428 | 56,708 | 54,046 | 54,646 | 4h | 60 | 59,645 | 56,428 | 56,258 | 53,252 | 52,87 |
| | | 6H | 60 | 56,428 | 56,783 | 54,046 | 54,796 | 6g | 59,925 | 59,365 | 56,353 | 56,088 | 53,177 | 52,7 |
| | | 7H | 60 | 56,428 | 56,878 | 54,046 | 54,996 | 8g | 59,925 | 59,025 | 56,353 | 55,928 | 53,177 | 52,54 |
| | | 6G | 60,075 | 56,503 | 56,858 | 54,121 | 54,871 | 6e | 59,888 | 59,328 | 56,316 | 56,051 | 53,14 | 52,663 |
| | | 7G | 60,075 | 56,503 | 56,953 | 54,121 | 55,071 | 8e | 59,888 | 58,988 | 56,316 | 55,891 | 53,14 | 52,503 |
| | | | | | | | | 6f | 59,91 | 59,35 | 56,338 | 56,073 | 53,162 | 52,685 |
| 64 | 6 | 5H | 64 | 60,103 | 60,403 | 57,505 | 58,135 | 4h | 64 | 63,625 | 60,103 | 59,923 | 56,639 | 56,228 |
| | | 6H | 64 | 60,103 | 60,478 | 57,505 | 58,305 | 6g | 63,92 | 63,32 | 60,023 | 59,743 | 56,559 | 56,048 |
| | | 7H | 64 | 60,103 | 60,578 | 57,505 | 58,505 | 8g | 63,92 | 62,97 | 60,023 | 59,573 | 56,559 | 55,878 |
| | | 6G | 64,08 | 60,183 | 60,558 | 57,585 | 58,385 | 6e | 63,882 | 63,282 | 59,985 | 59,705 | 56,521 | 56,01 |
| | | 7G | 64,08 | 60,183 | 60,658 | 57,585 | 58,585 | 8e | 63,882 | 62,932 | 59,985 | 59,535 | 56,521 | 55,84 |
| | | | | | | | | 6f | 63,905 | 63,305 | 60,008 | 59,728 | 56,544 | 56,033 |
| 68 | 6 | 5H | 68 | 64,103 | 64,403 | 61,505 | 62,135 | 4h | 68 | 67,625 | 64,103 | 63,923 | 60,639 | 60,228 |
| | | 6H | 68 | 64,103 | 64,478 | 61,505 | 62,305 | 6g | 67,92 | 67,32 | 64,023 | 63,743 | 60,559 | 60,048 |
| | | 7H | 68 | 64,103 | 64,578 | 61,505 | 62,505 | 8g | 67,92 | 66,97 | 64,023 | 63,573 | 60,559 | 59,878 |
| | | 6G | 68,08 | 64,183 | 64,558 | 61,585 | 62,385 | 6e | 67,882 | 67,282 | 63,985 | 63,705 | 60,521 | 60,01 |
| | | 7G | 68,08 | 64,183 | 64,658 | 61,585 | 62,585 | 8e | 67,882 | 66,932 | 63,985 | 63,535 | 60,521 | 59,84 |
| | | | | | | | | 6f | 67,905 | 67,305 | 64,008 | 63,728 | 60,544 | 60,033 |

Maße in mm

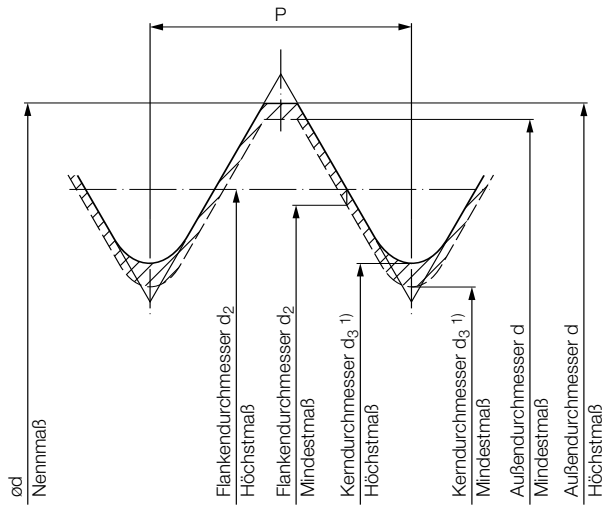
## 15.2.3.2 Metrisches ISO-Feingewinde (Auszug aus DIN 13-21 bis -23, mit Ergänzungen)



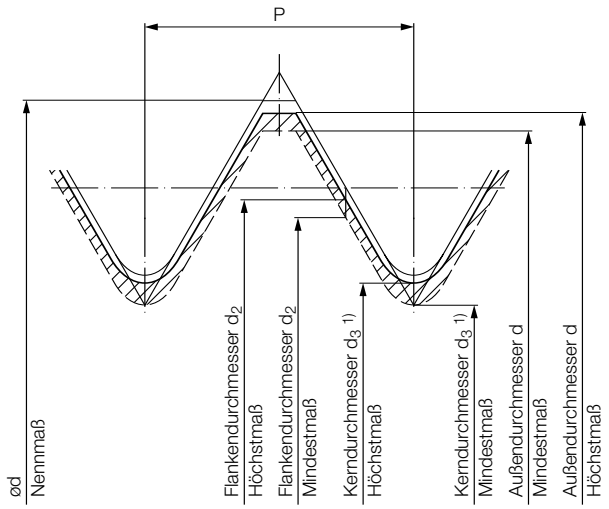

**Innengewinde mit Toleranzfeldlage H**




**Innengewinde mit Toleranzfeldlage G**




**Außengewinde mit Toleranzfeldlage h**




**Außengewinde mit Toleranzfeldlagen e, f, g**

[1] Größtmaß mit $R = 0{,}144\ P = \frac{H}{6}$, Kleinstmaß mit $R_{min.} = 0{,}125\ P \approx \frac{H}{7}$ errechnet.

## Grenzmaße für Innen- und Außengewinde
## (Metrisches ISO-Feingewinde, Auszug aus DIN 13-21 bis -23, mit Ergänzungen)

| Gewinde-Nenndurchmesser d = D | Steigung P | Innengewinde | | | | | | Außengewinde | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Toleranzklasse | Außendurchmesser D | Flankendurchmesser $D_2$ | | Kerndurchmesser $D_1$ | | Toleranzklasse | Außendurchmesser d | | Flankendurchmesser $d_2$ | | Kerndurchmesser $d_3$ | |
| | | | Mindestmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß |
| 1 | 0,2 | 4H | 1,000 | 0,870 | 0,910 | 0,783 | 0,821 | 4h | 1,000 | 0,964 | 0,870 | 0,840 | 0,755 | 0,718 |
| | | | | | | | | 6h | 1,000 | 0,944 | 0,870 | 0,822 | 0,755 | 0,700 |
| 1,1 | 0,2 | 4H | 1,100 | 0,970 | 1,010 | 0,883 | 0,921 | 4h | 1,100 | 1,064 | 0,970 | 0,940 | 0,855 | 0,818 |
| | | | | | | | | 6h | 1,100 | 1,044 | 0,970 | 0,922 | 0,855 | 0,800 |
| 1,2 | 0,2 | 4H | 1,200 | 1,070 | 1,110 | 0,983 | 1,021 | 4h | 1,200 | 1,164 | 1,070 | 1,040 | 0,955 | 0,918 |
| | | | | | | | | 6h | 1,200 | 1,144 | 1,070 | 1,022 | 0,955 | 0,900 |
| 1,4 | 0,2 | 4H | 1,400 | 1,270 | 1,310 | 1,183 | 1,221 | 4h | 1,400 | 1,364 | 1,270 | 1,240 | 1,155 | 1,118 |
| | | | | | | | | 6h | 1,400 | 1,344 | 1,270 | 1,222 | 1,155 | 1,100 |
| 1,6 | 0,2 | 4H | 1,600 | 1,470 | 1,512 | 1,383 | 1,421 | 4h | 1,600 | 1,564 | 1,470 | 1,438 | 1,355 | 1,316 |
| | | | | | | | | 6h | 1,600 | 1,544 | 1,470 | 1,420 | 1,355 | 1,298 |
| | | | | | | | | 6g | 1,582 | 1,526 | 1,452 | 1,402 | 1,337 | 1,280 |
| 1,8 | 0,2 | 4H | 1,800 | 1,670 | 1,712 | 1,583 | 1,621 | 4h | 1,800 | 1,764 | 1,670 | 1,638 | 1,555 | 1,516 |
| | | | | | | | | 6h | 1,800 | 1,744 | 1,670 | 1,620 | 1,555 | 1,498 |
| | | | | | | | | 6g | 1,782 | 1,726 | 1,652 | 1,602 | 1,537 | 1,480 |
| 2 | 0,25 | 4H | 2,000 | 1,838 | 1,886 | 1,729 | 1,774 | 4h | 2,000 | 1,958 | 1,838 | 1,802 | 1,693 | 1,647 |
| | | 5H | 2,000 | 1,838 | 1,898 | 1,729 | 1,785 | 6h | 2,000 | 1,933 | 1,838 | 1,782 | 1,693 | 1,627 |
| | | | | | | | | 6g | 1,982 | 1,915 | 1,820 | 1,764 | 1,675 | 1,609 |
| | | | | | | | | 5e | 1,955 | 1,901 | 1,793 | 1,748 | 1,648 | 1,593 |
| 2,2 | 0,25 | 4H | 2,200 | 2,038 | 2,086 | 1,929 | 1,974 | 4h | 2,200 | 2,158 | 2,038 | 2,002 | 1,893 | 1,847 |
| | | 5H | 2,200 | 2,038 | 2,098 | 1,929 | 1,985 | 6h | 2,200 | 2,133 | 2,038 | 1,982 | 1,893 | 1,827 |
| | | | | | | | | 6g | 2,182 | 2,115 | 2,020 | 1,964 | 1,875 | 1,809 |
| | | | | | | | | 5e | 2,155 | 2,101 | 1,993 | 1,948 | 1,848 | 1,793 |
| 2,5 | 0,25 | 4H | 2,500 | 2,338 | 2,386 | 2,229 | 2,274 | 4h | 2,500 | 2,458 | 2,338 | 2,302 | 2,193 | 2,147 |
| | | 5H | 2,500 | 2,338 | 2,398 | 2,229 | 2,285 | 6h | 2,500 | 2,433 | 2,338 | 2,282 | 2,193 | 2,127 |
| | | | | | | | | 6g | 2,482 | 2,415 | 2,320 | 2,264 | 2,175 | 2,109 |
| | | | | | | | | 5e | 2,455 | 2,401 | 2,293 | 2,248 | 2,148 | 2,093 |
| 3 | 0,25 | 4H | 3,000 | 2,838 | 2,888 | 2,729 | 2,774 | 4h | 3,000 | 2,958 | 2,838 | 2,800 | 2,693 | 2,645 |
| | | 5H | 3,000 | 2,838 | 2,901 | 2,729 | 2,785 | 6h | 3,000 | 2,933 | 2,838 | 2,778 | 2,693 | 2,623 |
| | | | | | | | | 6g | 2,982 | 2,915 | 2,820 | 2,760 | 2,675 | 2,605 |
| | | | | | | | | 5e | 2,955 | 2,901 | 2,793 | 2,745 | 2,648 | 2,590 |
| 2,5 | 0,35 | 4H | 2,500 | 2,273 | 2,326 | 2,121 | 2,184 | 4h | 2,500 | 2,447 | 2,273 | 2,233 | 2,071 | 2,018 |
| | | 5H | 2,500 | 2,273 | 2,340 | 2,121 | 2,201 | 6g | 2,481 | 2,396 | 2,254 | 2,191 | 2,052 | 1,976 |
| | | 6H | 2,500 | 2,273 | 2,358 | 2,121 | 2,221 | 6e | 2,454 | 2,369 | 2,227 | 2,164 | 2,025 | 1,949 |
| | | 6G | 2,519 | 2,292 | 2,377 | 2,140 | 2,240 | 6f | 2,466 | 2,381 | 2,239 | 2,176 | 2,037 | 1,961 |
| 3 | 0,35 | 4H | 3,000 | 2,773 | 2,829 | 2,621 | 2,684 | 4h | 3,000 | 2,947 | 2,773 | 2,731 | 2,571 | 2,516 |
| | | 5H | 3,000 | 2,773 | 2,874 | 2,621 | 2,701 | 6g | 2,981 | 2,896 | 2,754 | 2,687 | 2,552 | 2,472 |
| | | 6H | 3,000 | 2,773 | 2,863 | 2,621 | 2,721 | 6e | 2,954 | 2,869 | 2,727 | 2,660 | 2,525 | 2,445 |
| | | 6G | 3,019 | 2,792 | 2,882 | 2,640 | 2,740 | 6f | 2,966 | 2,881 | 2,739 | 2,672 | 2,537 | 2,457 |
| 3,5 | 0,35 | 4H | 3,500 | 3,273 | 3,329 | 3,121 | 3,184 | 4h | 3,500 | 3,447 | 3,273 | 3,231 | 3,071 | 3,016 |
| | | 5H | 3,500 | 3,273 | 3,344 | 3,121 | 3,201 | 6g | 3,481 | 3,396 | 3,254 | 3,187 | 3,052 | 2,972 |
| | | 6H | 3,500 | 3,273 | 3,363 | 3,121 | 3,221 | 6e | 3,454 | 3,369 | 3,227 | 3,160 | 3,025 | 2,945 |
| | | 6G | 3,519 | 3,292 | 3,382 | 3,140 | 3,240 | 6f | 3,466 | 3,381 | 3,239 | 3,172 | 3,037 | 2,957 |



# Gewindetabellen

## Grenzmaße für Innen- und Außengewinde
## (Metrisches ISO-Feingewinde, Auszug aus DIN 13-21 bis -23, mit Ergänzungen)

| Gewinde-Nenndurchmesser d = D | Steigung P | Innengewinde | | | | | Außengewinde | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Toleranzklasse | Außendurchmesser D | Flankendurchmesser $D_2$ | | Kerndurchmesser $D_1$ | | Toleranzklasse | Außendurchmesser d | | Flankendurchmesser $d_2$ | | Kerndurchmesser $d_3$ | |
| | | | Mindestmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß |
| 4 | 0,35 | 4H | 4,000 | 3,773 | 3,829 | 3,621 | 3,684 | 4h | 4,000 | 3,947 | 3,773 | 3,731 | 3,571 | 3,516 |
| | | 5H | 4,000 | 3,773 | 3,844 | 3,621 | 3,701 | 6g | 3,981 | 3,896 | 3,754 | 3,687 | 3,552 | 3,472 |
| | | 6H | 4,000 | 3,773 | 3,863 | 3,621 | 3,721 | 6e | 3,954 | 3,869 | 3,727 | 3,660 | 3,525 | 3,445 |
| | | 6G | 4,019 | 3,792 | 3,882 | 3,640 | 3,740 | 6f | 3,966 | 3,881 | 3,739 | 3,672 | 3,537 | 3,457 |
| 4 | 0,5 | 4H | 4,000 | 3,675 | 3,738 | 3,459 | 3,549 | 4h | 4,000 | 3,993 | 3,675 | 3,627 | 3,387 | 3,320 |
| | | 5H | 4,000 | 3,675 | 3,755 | 3,459 | 3,571 | 6g | 3,980 | 3,874 | 3,655 | 3,580 | 3,367 | 3,273 |
| | | 6H | 4,000 | 3,675 | 3,775 | 3,459 | 3,599 | 6e | 3,950 | 3,844 | 3,625 | 3,550 | 3,337 | 3,243 |
| | | 7H | 4,000 | 3,675 | 3,800 | 3,459 | 3,639 | 6f | 3,964 | 3,858 | 3,639 | 3,564 | 3,351 | 3,257 |
| | | 6G | 4,020 | 3,695 | 3,795 | 3,479 | 3,619 | | | | | | | |
| 4,5 | 0,5 | 4H | 4,500 | 4,175 | 4,238 | 3,959 | 4,049 | 4h | 4,500 | 4,433 | 4,175 | 4,127 | 3,887 | 3,820 |
| | | 5H | 4,500 | 4,175 | 4,255 | 3,959 | 4,071 | 6g | 4,480 | 4,374 | 4,155 | 4,080 | 3,867 | 3,773 |
| | | 6H | 4,500 | 4,175 | 4,275 | 3,959 | 4,099 | 6e | 4,450 | 4,344 | 4,125 | 4,050 | 3,837 | 3,743 |
| | | 7H | 4,500 | 4,175 | 4,300 | 3,959 | 4,139 | 6f | 4,464 | 4,358 | 4,139 | 4,064 | 3,851 | 3,757 |
| | | 6G | 4,520 | 4,195 | 4,295 | 3,979 | 4,119 | | | | | | | |
| 5 | 0,5 | 4H | 5,000 | 4,675 | 4,738 | 4,459 | 4,549 | 4h | 5,000 | 4,933 | 4,675 | 4,627 | 4,387 | 4,320 |
| | | 5H | 5,000 | 4,675 | 4,755 | 4,459 | 4,571 | 6g | 4,980 | 4,874 | 4,655 | 4,580 | 4,367 | 4,273 |
| | | 6H | 5,000 | 4,675 | 4,775 | 4,459 | 4,599 | 6e | 4,950 | 4,844 | 4,625 | 4,550 | 4,337 | 4,243 |
| | | 7H | 5,000 | 4,675 | 4,800 | 4,459 | 4,639 | 6f | 4,964 | 4,858 | 4,639 | 4,564 | 4,351 | 4,257 |
| | | 6G | 5,020 | 4,695 | 4,795 | 4,479 | 4,619 | | | | | | | |
| 5,5 | 0,5 | 4H | 5,500 | 5,175 | 5,238 | 4,959 | 5,049 | 4h | 5,500 | 5,433 | 5,175 | 5,127 | 4,887 | 4,820 |
| | | 5H | 5,500 | 5,175 | 5,255 | 4,959 | 5,071 | 6g | 5,480 | 5,374 | 5,155 | 5,080 | 4,867 | 4,773 |
| | | 6H | 5,500 | 5,175 | 5,275 | 4,959 | 5,099 | 6e | 5,450 | 5,344 | 5,125 | 5,050 | 4,837 | 4,743 |
| | | 7H | 5,500 | 5,175 | 5,300 | 4,959 | 5,139 | 6f | 5,464 | 5,358 | 5,139 | 5,064 | 4,851 | 4,757 |
| | | 6G | 5,520 | 5,195 | 5,295 | 4,979 | 5,119 | | | | | | | |
| 6 | 0,5 | 4H | 6,000 | 5,675 | 5,746 | 5,459 | 5,549 | 4h | 6,000 | 5,933 | 5,675 | 5,622 | 5,387 | 5,315 |
| | | 5H | 6,000 | 5,675 | 5,765 | 5,459 | 5,571 | 6g | 5,980 | 5,874 | 5,655 | 5,570 | 5,367 | 5,263 |
| | | 6H | 6,000 | 5,675 | 5,787 | 5,459 | 5,599 | 6e | 5,950 | 5,844 | 5,625 | 5,540 | 5,337 | 5,233 |
| | | | | | | | | 6f | 5,964 | 5,858 | 5,639 | 5,554 | 5,351 | 5,247 |
| | | 6G | 6,020 | 5,695 | 5,807 | 5,479 | 5,619 | | | | | | | |
| 7 | 0,5 | 4H | 7,000 | 6,675 | 6,746 | 6,459 | 6,549 | 4h | 7,000 | 6,933 | 6,675 | 6,622 | 6,387 | 6,315 |
| | | 5H | 7,000 | 6,675 | 6,765 | 6,459 | 6,571 | 6g | 6,980 | 6,874 | 6,655 | 6,570 | 6,367 | 6,263 |
| | | 6H | 7,000 | 6,675 | 6,787 | 6,459 | 6,599 | 6e | 6,950 | 6,844 | 6,625 | 6,540 | 6,337 | 6,233 |
| | | | | | | | | 6f | 6,964 | 6,858 | 6,639 | 6,554 | 6,351 | 6,247 |
| | | 6G | 7,020 | 6,695 | 6,807 | 6,479 | 6,619 | | | | | | | |
| 8 | 0,5 | 4H | 8,000 | 7,675 | 7,746 | 7,459 | 7,549 | 4h | 8,000 | 7,933 | 7,675 | 7,622 | 7,387 | 7,315 |
| | | 5H | 8,000 | 7,675 | 7,765 | 7,459 | 7,571 | 6g | 7,980 | 7,874 | 7,655 | 7,570 | 7,367 | 7,263 |
| | | 6H | 8,000 | 7,675 | 7,787 | 7,459 | 7,599 | 6e | 7,950 | 7,844 | 7,625 | 7,540 | 7,337 | 7,233 |
| | | | | | | | | 6f | 7,964 | 7,858 | 7,639 | 7,554 | 7,351 | 7,247 |
| | | 6G | 8,020 | 7,695 | 7,807 | 7,479 | 7,619 | | | | | | | |

## Grenzmaße für Innen- und Außengewinde
## (Metrisches ISO-Feingewinde, Auszug aus DIN 13-21 bis -23, mit Ergänzungen)

| Gewinde-Nenndurchmesser d = D | Steigung P | Innengewinde | | | | | | Außengewinde | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Toleranzklasse | Außendurchmesser D | Flankendurchmesser $D_2$ | | Kerndurchmesser $D_1$ | | Toleranzklasse | Außendurchmesser d | | Flankendurchmesser $d_2$ | | Kerndurchmesser $d_3$ | |
| | | | Mindestmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß |
| 10 | 0,5 | 4H | 10,000 | 9,675 | 9,746 | 9,459 | 9,549 | 4h | 10,000 | 9,933 | 9,675 | 9,622 | 9,387 | 9,315 |
| | | 5H | 10,000 | 9,675 | 9,765 | 9,459 | 9,571 | 6g | 9,980 | 9,874 | 9,655 | 9,570 | 9,367 | 9,263 |
| | | 6H | 10,000 | 9,675 | 9,787 | 9,459 | 9,599 | 6e | 9,950 | 9,844 | 9,625 | 9,540 | 9,337 | 9,233 |
| | | | | | | | | 6f | 9,964 | 9,858 | 9,639 | 9,554 | 9,351 | 9,247 |
| | | 6G | 10,020 | 9,695 | 9,807 | 9,479 | 9,619 | | | | | | | |
| 6 | 0,75 | 4H | 6,000 | 5,513 | 5,598 | 5,188 | 5,306 | 4h | 6,000 | 5,910 | 5,513 | 5,450 | 5,080 | 4,988 |
| | | 5H | 6,000 | 5,513 | 5,619 | 5,188 | 5,338 | 6g | 5,978 | 5,838 | 5,491 | 5,391 | 5,058 | 4,929 |
| | | 6H | 6,000 | 5,513 | 5,645 | 5,188 | 5,378 | | | | | | | |
| | | 7H | 6,000 | 5,513 | 5,683 | 5,188 | 5,424 | 6e | 5,944 | 5,804 | 5,457 | 5,357 | 5,024 | 4,895 |
| | | 6G | 6,022 | 5,535 | 5,667 | 5,210 | 5,400 | | | | | | | |
| | | 7G | 6,022 | 5,535 | 5,705 | 5,210 | 5,446 | 6f | 5,962 | 5,822 | 5,475 | 5,375 | 5,042 | 4,913 |
| 7 | 0,75 | 4H | 7,000 | 6,513 | 6,598 | 6,188 | 6,306 | 4h | 7,000 | 6,910 | 6,513 | 6,450 | 6,080 | 5,988 |
| | | 5H | 7,000 | 6,513 | 6,619 | 6,188 | 6,338 | 6g | 6,978 | 6,838 | 6,491 | 6,391 | 6,058 | 5,929 |
| | | 6H | 7,000 | 6,513 | 6,450 | 6,188 | 6,378 | | | | | | | |
| | | 7H | 7,000 | 6,513 | 6,683 | 6,188 | 6,424 | 6e | 6,944 | 6,804 | 6,457 | 6,357 | 6,024 | 5,895 |
| | | 6G | 7,022 | 6,535 | 6,472 | 6,210 | 6,400 | | | | | | | |
| | | 7G | 7,022 | 6,535 | 6,705 | 6,210 | 6,446 | 6f | 6,962 | 6,822 | 6,475 | 6,375 | 6,042 | 5,913 |
| 8 | 0,75 | 4H | 8,000 | 7,513 | 7,598 | 7,188 | 7,306 | 4h | 8,000 | 7,910 | 7,513 | 7,450 | 7,080 | 6,988 |
| | | 5H | 8,000 | 7,513 | 7,619 | 7,188 | 7,338 | 6g | 7,978 | 7,838 | 7,491 | 7,391 | 7,058 | 6,929 |
| | | 6H | 8,000 | 7,513 | 7,645 | 7,188 | 7,378 | | | | | | | |
| | | 7H | 8,000 | 7,513 | 7,683 | 7,188 | 7,424 | 6e | 7,944 | 7,804 | 7,457 | 7,357 | 7,024 | 6,895 |
| | | 6G | 8,022 | 7,535 | 7,667 | 7,210 | 7,400 | | | | | | | |
| | | 7G | 8,022 | 7,535 | 7,705 | 7,210 | 7,446 | 6f | 7,962 | 7,822 | 7,475 | 7,375 | 7,042 | 6,913 |
| 9 | 0,75 | 4H | 9,000 | 8,513 | 8,598 | 8,188 | 8,306 | 4h | 9,000 | 8,910 | 8,513 | 8,450 | 8,080 | 7,988 |
| | | 5H | 9,000 | 8,513 | 8,619 | 8,188 | 8,338 | 6g | 8,978 | 8,838 | 8,491 | 8,391 | 8,058 | 7,929 |
| | | 6H | 9,000 | 8,513 | 8,645 | 8,188 | 8,378 | | | | | | | |
| | | 7H | 9,000 | 8,513 | 8,683 | 8,188 | 8,424 | 6e | 8,944 | 8,804 | 8,457 | 8,357 | 8,024 | 7,895 |
| | | 6G | 9,022 | 8,535 | 8,667 | 8,210 | 8,400 | | | | | | | |
| | | 7G | 9,022 | 8,535 | 8,705 | 8,210 | 8,446 | 6f | 8,962 | 8,822 | 8,475 | 8,375 | 8,042 | 7,913 |
| 10 | 0,75 | 4H | 10,000 | 9,513 | 9,598 | 9,188 | 9,306 | 4h | 10,000 | 9,910 | 9,513 | 9,450 | 9,080 | 8,988 |
| | | 5H | 10,000 | 9,513 | 9,619 | 9,188 | 9,338 | 6g | 9,978 | 9,838 | 9,491 | 9,391 | 9,058 | 8,929 |
| | | 6H | 10,000 | 9,513 | 9,645 | 9,188 | 9,378 | | | | | | | |
| | | 7H | 10,000 | 9,513 | 9,683 | 9,188 | 9,424 | 6e | 9,944 | 9,804 | 9,457 | 9,357 | 9,024 | 8,895 |
| | | 6G | 10,022 | 9,535 | 9,667 | 9,210 | 9,400 | | | | | | | |
| | | 7G | 10,022 | 9,535 | 9,705 | 9,210 | 9,446 | 6f | 9,962 | 9,822 | 9,475 | 9,375 | 9,042 | 8,913 |
| 12 | 0,75 | 4H | 12,000 | 11,513 | 11,603 | 11,188 | 11,306 | 4h | 12,000 | 11,910 | 11,513 | 11,446 | 11,080 | 10,984 |
| | | 5H | 12,000 | 11,513 | 11,625 | 11,188 | 11,338 | 6g | 11,978 | 11,838 | 11,491 | 11,385 | 11,058 | 10,923 |
| | | 6H | 12,000 | 11,513 | 11,653 | 11,188 | 11,378 | | | | | | | |
| | | 7H | 12,000 | 11,513 | 11,693 | 11,188 | 11,424 | 6e | 11,944 | 11,804 | 11,457 | 11,351 | 11,024 | 10,889 |
| | | 6G | 12,022 | 11,535 | 11,675 | 11,210 | 11,400 | | | | | | | |
| | | 7G | 12,022 | 11,535 | 11,715 | 11,210 | 11,446 | 6f | 11,962 | 11,822 | 11,475 | 11,369 | 11,042 | 10,907 |



# Gewindetabellen

## Grenzmaße für Innen- und Außengewinde
## (Metrisches ISO-Feingewinde, Auszug aus DIN 13-21 bis -23, mit Ergänzungen)

| Gewinde-Nenndurchmesser d = D | Steigung P | Innengewinde | | | | | | Außengewinde | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Toleranzklasse | Außendurchmesser D | Flankendurchmesser $D_2$ | | Kerndurchmesser $D_1$ | | Toleranzklasse | Außendurchmesser d | | Flankendurchmesser $d_2$ | | Kerndurchmesser $d_3$ | |
| | | | Mindestmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß |
| 8 | 1 | 4H | 8,000 | 7,350 | 7,445 | 6,917 | 7,067 | 4h | 8,000 | 7,888 | 7,350 | 7,279 | 6,773 | 6,663 |
| | | 5H | 8,000 | 7,350 | 7,468 | 6,917 | 7,107 | 6g | 7,974 | 7,794 | 7,324 | 7,212 | 6,747 | 6,596 |
| | | 6H | 8,000 | 7,350 | 7,500 | 6,917 | 7,153 | 8g | 7,974 | 7,694 | 7,324 | 7,144 | 6,747 | 6,528 |
| | | 7H | 8,000 | 7,350 | 7,540 | 6,917 | 7,217 | 6e | 7,940 | 7,760 | 7,290 | 7,178 | 6,713 | 6,562 |
| | | 6G | 8,026 | 7,376 | 7,526 | 6,943 | 7,179 | 8e | 7,940 | 7,660 | 7,290 | 7,110 | 6,713 | 6,494 |
| | | 7G | 8,026 | 7,376 | 7,566 | 6,943 | 7,243 | 6f | 7,960 | 7,780 | 7,310 | 7,198 | 6,733 | 6,582 |
| 10 | 1 | 4H | 10,000 | 9,350 | 9,445 | 8,917 | 9,067 | 4h | 10,000 | 9,888 | 9,350 | 9,279 | 8,773 | 8,663 |
| | | 5H | 10,000 | 9,350 | 9,468 | 8,917 | 9,107 | 6g | 9,974 | 9,794 | 9,324 | 9,212 | 8,747 | 8,596 |
| | | 6H | 10,000 | 9,350 | 9,500 | 8,917 | 9,153 | 8g | 9,974 | 9,694 | 9,324 | 9,144 | 8,747 | 8,528 |
| | | 7H | 10,000 | 9,350 | 9,540 | 8,917 | 9,217 | 6e | 9,940 | 9,760 | 9,290 | 9,178 | 8,713 | 8,562 |
| | | 6G | 10,026 | 9,376 | 9,526 | 8,943 | 9,179 | 8e | 9,940 | 9,660 | 9,290 | 9,110 | 8,713 | 8,494 |
| | | 7G | 10,026 | 9,376 | 9,566 | 8,943 | 9,243 | 6f | 9,960 | 9,780 | 9,310 | 9,198 | 8,733 | 8,582 |
| 12 | 1 | 4H | 12,000 | 11,350 | 11,450 | 10,917 | 11,067 | 4h | 12,000 | 11,888 | 11,350 | 11,275 | 10,773 | 10,659 |
| | | 5H | 12,000 | 11,350 | 11,475 | 10,917 | 11,107 | 6g | 11,974 | 11,794 | 11,324 | 11,206 | 10,747 | 10,590 |
| | | 6H | 12,000 | 11,350 | 11,510 | 10,917 | 11,153 | 8g | 11,974 | 11,694 | 11,324 | 11,134 | 10,747 | 10,518 |
| | | 7H | 12,000 | 11,350 | 11,550 | 10,917 | 11,217 | 6e | 11,940 | 11,760 | 11,290 | 11,172 | 10,713 | 10,556 |
| | | 6G | 12,026 | 11,376 | 11,536 | 10,943 | 11,179 | 8e | 11,940 | 11,660 | 11,290 | 11,100 | 10,713 | 10,484 |
| | | 7G | 12,026 | 11,376 | 11,576 | 10,943 | 11,243 | 6f | 11,960 | 11,780 | 11,310 | 11,192 | 10,733 | 10,576 |
| 14 | 1 | 4H | 14,000 | 13,350 | 13,450 | 12,917 | 13,067 | 4h | 14,000 | 13,888 | 13,350 | 13,275 | 12,773 | 12,659 |
| | | 5H | 14,000 | 13,350 | 13,475 | 12,917 | 13,107 | 6g | 13,974 | 13,794 | 13,324 | 13,206 | 12,747 | 12,590 |
| | | 6H | 14,000 | 13,350 | 13,510 | 12,917 | 13,153 | 8g | 13,974 | 13,694 | 13,324 | 13,134 | 12,747 | 12,518 |
| | | 7H | 14,000 | 13,350 | 13,550 | 12,917 | 13,217 | 6e | 13,940 | 13,760 | 13,290 | 13,172 | 12,713 | 12,556 |
| | | 6G | 14,026 | 13,376 | 13,536 | 12,943 | 13,179 | 8e | 13,940 | 13,660 | 13,290 | 13,100 | 12,713 | 12,484 |
| | | 7G | 14,026 | 13,376 | 13,576 | 12,943 | 13,243 | 6f | 13,960 | 13,780 | 13,310 | 13,192 | 12,733 | 12,576 |
| 16 | 1 | 4H | 16,000 | 15,350 | 15,450 | 14,917 | 15,067 | 4h | 16,000 | 15,888 | 15,350 | 15,275 | 14,773 | 14,659 |
| | | 5H | 16,000 | 15,350 | 15,475 | 14,917 | 15,107 | 6g | 15,974 | 15,794 | 15,324 | 15,206 | 14,747 | 14,590 |
| | | 6H | 16,000 | 15,350 | 15,510 | 14,917 | 15,153 | 8g | 15,974 | 15,694 | 15,324 | 15,134 | 14,747 | 14,518 |
| | | 7H | 16,000 | 15,350 | 15,550 | 14,917 | 15,217 | 6e | 15,940 | 15,760 | 15,290 | 15,172 | 14,713 | 14,556 |
| | | 6G | 16,026 | 15,376 | 15,536 | 14,943 | 15,179 | 8e | 15,940 | 15,660 | 15,290 | 15,100 | 14,713 | 14,484 |
| | | 7G | 16,026 | 15,376 | 15,576 | 14,943 | 15,243 | 6f | 15,960 | 15,780 | 15,310 | 15,192 | 14,733 | 14,576 |
| 18 | 1 | 4H | 18,000 | 17,350 | 17,450 | 16,917 | 17,067 | 4h | 18,000 | 17,888 | 17,350 | 17,275 | 16,773 | 16,659 |
| | | 5H | 18,000 | 17,350 | 17,475 | 16,917 | 17,107 | 6g | 17,974 | 17,794 | 17,324 | 17,206 | 16,747 | 16,590 |
| | | 6H | 18,000 | 17,350 | 17,510 | 16,917 | 17,153 | 8g | 17,974 | 17,694 | 17,324 | 17,134 | 16,747 | 16,518 |
| | | 7H | 18,000 | 17,350 | 17,550 | 16,917 | 17,217 | 6e | 17,940 | 17,760 | 17,290 | 17,172 | 16,713 | 16,556 |
| | | 6G | 18,026 | 17,376 | 17,536 | 16,943 | 17,179 | 8e | 17,940 | 17,660 | 17,290 | 17,100 | 16,713 | 16,484 |
| | | 7G | 18,026 | 17,376 | 17,576 | 16,943 | 17,243 | 6f | 17,960 | 17,780 | 17,310 | 17,192 | 16,733 | 16,576 |
| 20 | 1 | 4H | 20,000 | 19,350 | 19,450 | 18,917 | 19,067 | 4h | 20,000 | 19,888 | 19,350 | 19,275 | 18,773 | 18,659 |
| | | 5H | 20,000 | 19,350 | 19,475 | 18,917 | 19,107 | 6g | 19,974 | 19,794 | 19,324 | 19,206 | 18,747 | 18,590 |
| | | 6H | 20,000 | 19,350 | 19,510 | 18,917 | 19,153 | 8g | 19,974 | 19,694 | 19,324 | 19,134 | 18,747 | 18,518 |
| | | 7H | 20,000 | 19,350 | 19,550 | 18,917 | 19,217 | 6e | 19,940 | 19,760 | 19,290 | 19,172 | 18,713 | 18,556 |
| | | 6G | 20,026 | 19,376 | 19,536 | 18,943 | 19,179 | 8e | 19,940 | 19,660 | 19,290 | 19,100 | 18,713 | 18,484 |
| | | 7G | 20,026 | 19,376 | 19,576 | 18,943 | 19,243 | 6f | 19,960 | 19,780 | 19,310 | 19,192 | 18,733 | 18,576 |

## Grenzmaße für Innen- und Außengewinde
## (Metrisches ISO-Feingewinde, Auszug aus DIN 13-21 bis -23, mit Ergänzungen)

| Gewinde-Nenndurchmesser d = D | Steigung P | Innengewinde | | | | | | Außengewinde | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Toleranzklasse | Außendurchmesser D | Flankendurchmesser $D_2$ | | Kerndurchmesser $D_1$ | | Toleranzklasse | Außendurchmesser d | | Flankendurchmesser $d_2$ | | Kerndurchmesser $d_3$ | |
| | | | Mindestmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß |
| 22 | 1 | 4H | 22,000 | 21,350 | 21,450 | 20,917 | 21,067 | 4h | 22,000 | 21,888 | 21,350 | 21,275 | 20,773 | 20,659 |
| | | 5H | 22,000 | 21,350 | 21,475 | 20,917 | 21,107 | 6g | 21,974 | 21,794 | 21,324 | 21,206 | 20,747 | 20,590 |
| | | 6H | 22,000 | 21,350 | 21,510 | 20,917 | 21,153 | 8g | 21,974 | 21,694 | 21,324 | 21,134 | 20,747 | 20,518 |
| | | 7H | 22,000 | 21,350 | 21,550 | 20,917 | 21,217 | 6e | 21,940 | 21,760 | 21,290 | 21,172 | 20,713 | 20,556 |
| | | 6G | 22,026 | 21,376 | 21,536 | 20,943 | 21,179 | 8e | 21,940 | 21,660 | 21,290 | 21,100 | 20,713 | 20,484 |
| | | 7G | 22,026 | 21,376 | 21,576 | 20,943 | 21,243 | 6f | 21,960 | 21,780 | 21,310 | 21,192 | 20,733 | 20,576 |
| 24 | 1 | 4H | 24,000 | 23,350 | 24,456 | 22,917 | 23,067 | 4h | 24,000 | 23,888 | 23,350 | 23,270 | 22,773 | 22,654 |
| | | 5H | 24,000 | 23,350 | 23,482 | 22,917 | 23,107 | 6g | 23,974 | 23,794 | 23,324 | 23,199 | 22,747 | 22,583 |
| | | 6H | 24,000 | 23,350 | 23,520 | 22,917 | 23,153 | 8g | 23,974 | 23,694 | 23,324 | 23,124 | 22,747 | 22,508 |
| | | 7H | 24,000 | 23,350 | 23,562 | 22,917 | 23,217 | 6e | 23,940 | 23,760 | 23,290 | 23,165 | 22,713 | 22,549 |
| | | 6G | 24,026 | 23,376 | 23,546 | 22,943 | 23,179 | 8e | 23,940 | 23,660 | 23,290 | 23,090 | 22,713 | 22,474 |
| | | 7G | 24,026 | 23,376 | 23,588 | 22,943 | 23,243 | 6f | 23,960 | 23,780 | 23,310 | 23,185 | 22,733 | 22,569 |
| 27 | 1 | 4H | 27,000 | 26,350 | 26,456 | 25,917 | 26,067 | 4h | 27,000 | 26,888 | 26,350 | 23,270 | 25,773 | 25,654 |
| | | 5H | 27,000 | 26,350 | 26,482 | 25,917 | 26,107 | 6g | 26,974 | 26,794 | 26,324 | 26,199 | 25,747 | 25,583 |
| | | 6H | 27,000 | 26,350 | 26,520 | 25,917 | 26,153 | 8g | 26,974 | 26,694 | 26,324 | 26,124 | 25,747 | 25,508 |
| | | 7H | 27,000 | 26,350 | 26,562 | 25,917 | 26,217 | 6e | 26,940 | 26,760 | 26,290 | 26,165 | 25,713 | 25,549 |
| | | 6G | 27,026 | 26,376 | 26,546 | 25,943 | 26,179 | 8e | 26,940 | 26,660 | 26,290 | 26,090 | 25,713 | 25,474 |
| | | 7G | 27,026 | 26,376 | 26,588 | 25,943 | 26,243 | 6f | 26,960 | 26,780 | 26,310 | 26,185 | 25,733 | 25,569 |
| 30 | 1 | 4H | 30,000 | 29,350 | 29,456 | 28,917 | 29,067 | 4h | 30,000 | 29,888 | 29,350 | 29,270 | 28,773 | 28,654 |
| | | 5H | 30,000 | 29,350 | 29,482 | 28,917 | 29,107 | 6g | 29,974 | 29,794 | 29,324 | 29,199 | 28,747 | 28,583 |
| | | 6H | 30,000 | 29,350 | 29,520 | 28,917 | 29,153 | 8g | 29,974 | 29,694 | 29,324 | 29,124 | 28,747 | 28,508 |
| | | 7H | 30,000 | 29,350 | 29,562 | 28,917 | 29,217 | 6e | 29,940 | 29,760 | 29,290 | 29,165 | 28,713 | 28,549 |
| | | 6G | 30,026 | 29,376 | 29,546 | 28,943 | 29,179 | 8e | 29,940 | 29,660 | 29,290 | 29,090 | 28,713 | 28,474 |
| | | 7G | 30,026 | 29,376 | 29,588 | 28,943 | 29,243 | 6f | 29,960 | 29,780 | 29,310 | 29,185 | 28,733 | 28,569 |
| 10 | 1,25 | 4H | 10,000 | 9,188 | 9,300 | 8,647 | 8,817 | 4h | 10,000 | 9,868 | 9,188 | 9,113 | 8,466 | 8,343 |
| | | 5H | 10,000 | 9,188 | 9,313 | 8,647 | 8,859 | 6g | 9,972 | 9,760 | 9,160 | 9,042 | 8,438 | 8,272 |
| | | 6H | 10,000 | 9,188 | 9,348 | 8,647 | 8,912 | 8g | 9,972 | 9,637 | 9,160 | 8,970 | 8,438 | 8,200 |
| | | 7H | 10,000 | 9,188 | 9,388 | 8,647 | 8,982 | 6e | 9,937 | 9,725 | 9,125 | 9,007 | 8,403 | 8,237 |
| | | 6G | 10,028 | 9,216 | 9,376 | 8,675 | 8,940 | 8e | 9,937 | 9,602 | 9,125 | 8,935 | 8,403 | 8,165 |
| | | 7G | 10,028 | 9,216 | 9,416 | 8,675 | 9,010 | 6f | 9,958 | 9,746 | 9,146 | 9,028 | 8,424 | 8,258 |
| 12 | 1,25 | 4H | 12,000 | 11,188 | 11,300 | 10,647 | 10,817 | 4h | 12,000 | 11,868 | 11,188 | 11,103 | 10,466 | 10,333 |
| | | 5H | 12,000 | 11,188 | 11,328 | 10,647 | 10,859 | 6g | 11,972 | 11,760 | 11,160 | 11,028 | 10,438 | 10,258 |
| | | 6H | 12,000 | 11,188 | 11,368 | 10,647 | 10,912 | 8g | 11,972 | 11,637 | 11,160 | 10,948 | 10,438 | 10,178 |
| | | 7H | 12,000 | 11,188 | 11,412 | 10,647 | 10,982 | 6e | 11,937 | 11,725 | 11,125 | 10,993 | 10,403 | 10,223 |
| | | 6G | 12,028 | 11,216 | 11,396 | 10,675 | 10,940 | 8e | 11,937 | 11,602 | 11,125 | 10,913 | 10,403 | 10,143 |
| | | 7G | 12,028 | 11,216 | 11,440 | 10,675 | 11,010 | 6f | 11,958 | 11,746 | 11,146 | 11,014 | 10,424 | 10,244 |
| 14 | 1,25 | 4H | 14,000 | 13,188 | 13,300 | 12,647 | 12,817 | 4h | 14,000 | 13,868 | 13,188 | 13,103 | 12,466 | 12,333 |
| | | 5H | 14,000 | 13,188 | 13,328 | 12,647 | 12,859 | 6g | 13,972 | 13,760 | 13,160 | 13,028 | 12,438 | 12,258 |
| | | 6H | 14,000 | 13,188 | 13,368 | 12,647 | 12,912 | 8g | 13,972 | 13,637 | 13,160 | 12,948 | 12,438 | 12,178 |
| | | 7H | 14,000 | 13,188 | 13,412 | 12,647 | 12,982 | 6e | 13,937 | 13,725 | 13,125 | 12,993 | 12,403 | 12,223 |
| | | 6G | 14,028 | 13,216 | 13,396 | 12,675 | 12,940 | 8e | 13,937 | 13,602 | 13,125 | 12,913 | 12,403 | 12,143 |
| | | 7G | 14,028 | 13,216 | 13,440 | 12,675 | 13,010 | 6f | 13,958 | 13,746 | 13,146 | 13,014 | 12,424 | 12,244 |



# Gewindetabellen

## Grenzmaße für Innen- und Außengewinde
## (Metrisches ISO-Feingewinde, Auszug aus DIN 13-21 bis -23, mit Ergänzungen)

| Gewinde-Nenndurchmesser d = D | Steigung P | Innengewinde | | | | | Außengewinde | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Toleranzklasse | Außendurchmesser D | Flankendurchmesser $D_2$ | | Kerndurchmesser $D_1$ | | Toleranzklasse | Außendurchmesser d | | Flankendurchmesser $d_2$ | | Kerndurchmesser $d_3$ | |
| | | | Mindestmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß |
| 12 | 1,5 | 4H | 12,000 | 11,026 | 11,144 | 10,376 | 10,566 | 4h | 12,000 | 11,850 | 11,026 | 10,936 | 10,160 | 10,012 |
| | | 5H | 12,000 | 11,026 | 11,176 | 10,376 | 10,612 | 6g | 11,968 | 11,732 | 10,994 | 10,854 | 10,128 | 9,930 |
| | | 6H | 12,000 | 11,026 | 11,216 | 10,376 | 10,676 | 8g | 11,968 | 11,593 | 10,994 | 10,770 | 10,128 | 9,846 |
| | | 7H | 12,000 | 11,026 | 11,262 | 10,376 | 10,751 | 6e | 11,933 | 11,697 | 10,959 | 10,819 | 10,093 | 9,895 |
| | | 6G | 12,032 | 11,058 | 11,248 | 10,408 | 10,708 | 8e | 11,933 | 11,558 | 10,959 | 10,735 | 10,093 | 9,811 |
| | | 7G | 12,032 | 11,058 | 11,294 | 10,408 | 10,783 | 6f | 11,955 | 11,719 | 10,981 | 10,841 | 10,115 | 9,917 |
| 14 | 1,5 | 4H | 14,000 | 13,026 | 13,144 | 12,376 | 12,566 | 4h | 14,000 | 13,850 | 13,026 | 12,936 | 12,160 | 12,012 |
| | | 5H | 14,000 | 13,026 | 13,176 | 12,376 | 12,612 | 6g | 13,968 | 13,732 | 12,994 | 12,854 | 12,128 | 11,930 |
| | | 6H | 14,000 | 13,026 | 13,216 | 12,376 | 12,676 | 8g | 13,968 | 13,593 | 12,994 | 12,770 | 12,128 | 11,846 |
| | | 7H | 14,000 | 13,026 | 13,262 | 12,376 | 12,751 | 6e | 13,933 | 13,697 | 12,959 | 12,819 | 12,093 | 11,895 |
| | | 6G | 14,032 | 13,058 | 13,248 | 12,408 | 12,708 | 8e | 13,933 | 13,558 | 12,959 | 12,735 | 12,093 | 11,811 |
| | | 7G | 14,032 | 13,058 | 13,294 | 12,408 | 12,783 | 6f | 13,955 | 13,719 | 12,981 | 12,841 | 12,115 | 11,917 |
| 16 | 1,5 | 4H | 16,000 | 15,026 | 15,144 | 14,376 | 14,566 | 4h | 16,000 | 15,850 | 15,026 | 14,936 | 14,160 | 14,012 |
| | | 5H | 16,000 | 15,026 | 15,176 | 14,376 | 14,612 | 6g | 15,968 | 15,732 | 14,994 | 14,854 | 14,128 | 13,930 |
| | | 6H | 16,000 | 15,026 | 15,216 | 14,376 | 14,676 | 8g | 15,968 | 15,593 | 14,994 | 14,770 | 14,128 | 13,846 |
| | | 7H | 16,000 | 15,026 | 15,262 | 14,376 | 14,751 | 6e | 15,933 | 15,697 | 14,959 | 14,819 | 14,093 | 13,895 |
| | | 6G | 16,032 | 15,058 | 15,248 | 14,408 | 14,708 | 8e | 15,933 | 15,558 | 14,959 | 14,735 | 14,093 | 13,811 |
| | | 7G | 16,032 | 15,058 | 15,294 | 14,408 | 14,783 | 6f | 15,955 | 15,719 | 14,981 | 14,841 | 14,115 | 13,917 |
| 18 | 1,5 | 4H | 18,000 | 17,026 | 17,144 | 16,376 | 16,566 | 4h | 18,000 | 17,850 | 17,026 | 16,936 | 16,160 | 16,012 |
| | | 5H | 18,000 | 17,026 | 17,176 | 16,376 | 16,612 | 6g | 17,968 | 17,732 | 16,994 | 16,854 | 16,128 | 15,930 |
| | | 6H | 18,000 | 17,026 | 17,216 | 16,376 | 16,676 | 8g | 17,968 | 17,593 | 16,994 | 16,770 | 16,128 | 15,846 |
| | | 7H | 18,000 | 17,026 | 17,262 | 16,376 | 16,751 | 6e | 17,933 | 17,697 | 16,959 | 16,819 | 16,093 | 15,895 |
| | | 6G | 18,032 | 17,058 | 17,248 | 16,408 | 16,708 | 8e | 17,933 | 17,558 | 16,959 | 16,735 | 16,093 | 15,811 |
| | | 7G | 18,032 | 17,058 | 17,294 | 16,408 | 16,783 | 6f | 17,955 | 17,719 | 16,981 | 16,841 | 16,115 | 15,917 |
| 20 | 1,5 | 4H | 20,000 | 19,026 | 19,144 | 18,376 | 18,566 | 4h | 20,000 | 19,850 | 19,026 | 18,936 | 18,160 | 18,012 |
| | | 5H | 20,000 | 19,026 | 19,176 | 18,376 | 18,612 | 6g | 19,968 | 19,732 | 18,994 | 18,854 | 18,128 | 17,930 |
| | | 6H | 20,000 | 19,026 | 19,216 | 18,376 | 18,676 | 8g | 19,968 | 19,593 | 18,994 | 18,770 | 18,128 | 17,846 |
| | | 7H | 20,000 | 19,026 | 19,262 | 18,376 | 18,751 | 6e | 19,933 | 19,697 | 18,959 | 18,819 | 18,093 | 17,895 |
| | | 6G | 20,032 | 19,058 | 19,248 | 18,408 | 18,708 | 8e | 19,933 | 19,558 | 18,959 | 18,735 | 18,093 | 17,811 |
| | | 7G | 20,032 | 19,058 | 19,294 | 18,408 | 18,783 | 6f | 19,955 | 19,719 | 18,981 | 18,841 | 18,115 | 17,917 |
| 22 | 1,5 | 4H | 22,000 | 21,026 | 21,144 | 20,376 | 20,566 | 4h | 22,000 | 21,850 | 21,026 | 20,936 | 20,160 | 20,012 |
| | | 5H | 22,000 | 21,026 | 21,176 | 20,376 | 20,612 | 6g | 21,968 | 21,732 | 20,994 | 20,854 | 20,128 | 19,930 |
| | | 6H | 22,000 | 21,026 | 21,216 | 20,376 | 20,676 | 8g | 21,968 | 21,593 | 20,994 | 20,770 | 20,128 | 19,846 |
| | | 7H | 22,000 | 21,026 | 21,262 | 20,376 | 20,751 | 6e | 21,933 | 21,697 | 20,959 | 20,819 | 20,093 | 19,895 |
| | | 6G | 22,032 | 21,058 | 21,248 | 20,408 | 20,708 | 8e | 21,933 | 21,558 | 20,959 | 20,735 | 20,093 | 19,811 |
| | | 7G | 22,032 | 21,058 | 21,294 | 20,408 | 20,783 | 6f | 21,955 | 21,719 | 20,981 | 20,841 | 20,115 | 19,917 |
| 24 | 1,5 | 4H | 24,000 | 23,026 | 23,151 | 22,376 | 22,566 | 4h | 24,000 | 23,850 | 23,026 | 22,931 | 22,160 | 22,007 |
| | | 5H | 24,000 | 23,026 | 23,186 | 22,376 | 22,612 | 6g | 23,968 | 23,732 | 22,994 | 22,844 | 22,128 | 21,920 |
| | | 6H | 24,000 | 23,026 | 23,226 | 22,376 | 22,676 | 8g | 23,968 | 23,593 | 22,994 | 22,758 | 22,128 | 21,834 |
| | | 7H | 24,000 | 23,026 | 23,276 | 22,376 | 22,751 | 6e | 23,933 | 23,697 | 22,959 | 22,809 | 22,093 | 21,885 |
| | | 6G | 24,032 | 23,058 | 23,258 | 22,408 | 22,708 | 8e | 23,933 | 23,558 | 22,959 | 22,723 | 22,093 | 21,799 |
| | | 7G | 24,032 | 23,058 | 23,308 | 22,408 | 22,783 | 6f | 23,955 | 23,719 | 22,981 | 22,831 | 22,115 | 21,907 |

## Grenzmaße für Innen- und Außengewinde
## (Metrisches ISO-Feingewinde, Auszug aus DIN 13-21 bis -23, mit Ergänzungen)

| Gewinde-Nenndurchmesser d = D | Steigung P | Innengewinde | | | | | | Außengewinde | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Toleranzklasse | Außendurchmesser D | Flankendurchmesser $D_2$ | | Kerndurchmesser $D_1$ | | Toleranzklasse | Außendurchmesser d | | Flankendurchmesser $d_2$ | | Kerndurchmesser $d_3$ | |
| | | | Mindestmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß |
| 27 | 1,5 | 4H | 27,000 | 26,026 | 26,151 | 25,376 | 25,566 | 4h | 27,000 | 26,850 | 26,026 | 25,931 | 25,160 | 25,007 |
| | | 5H | 27,000 | 26,026 | 26,186 | 25,376 | 25,612 | 6g | 26,968 | 26,732 | 25,994 | 25,844 | 25,128 | 24,920 |
| | | 6H | 27,000 | 26,026 | 26,226 | 25,376 | 25,676 | 8g | 26,968 | 26,593 | 25,994 | 25,758 | 25,128 | 24,834 |
| | | 7H | 27,000 | 26,026 | 26,276 | 25,376 | 25,751 | 6e | 26,933 | 26,697 | 25,959 | 25,809 | 25,093 | 24,885 |
| | | 6G | 27,032 | 26,058 | 26,258 | 25,408 | 25,708 | 8e | 26,933 | 26,558 | 25,959 | 25,723 | 25,093 | 24,799 |
| | | 7G | 27,032 | 26,058 | 26,308 | 25,408 | 25,783 | 6f | 26,955 | 26,719 | 25,981 | 25,831 | 25,115 | 24,907 |
| 30 | 1,5 | 4H | 30,000 | 29,026 | 29,151 | 28,376 | 28,566 | 4h | 30,000 | 29,850 | 29,026 | 28,931 | 28,160 | 28,007 |
| | | 5H | 30,000 | 29,026 | 29,186 | 28,376 | 28,612 | 6g | 29,968 | 29,732 | 28,994 | 28,844 | 28,128 | 27,920 |
| | | 6H | 30,000 | 29,026 | 29,226 | 28,376 | 28,676 | 8g | 29,968 | 29,593 | 28,994 | 28,758 | 28,128 | 27,834 |
| | | 7H | 30,000 | 29,026 | 29,276 | 28,376 | 28,751 | 6e | 29,933 | 29,697 | 28,959 | 28,809 | 28,093 | 27,885 |
| | | 6G | 30,032 | 29,058 | 29,258 | 28,408 | 28,708 | 8e | 29,933 | 29,558 | 28,959 | 28,723 | 28,093 | 27,799 |
| | | 7G | 30,032 | 29,058 | 29,308 | 28,408 | 28,783 | 6f | 29,955 | 29,719 | 28,981 | 28,831 | 28,115 | 27,907 |
| 33 | 1,5 | 4H | 33,000 | 32,026 | 32,151 | 31,376 | 31,566 | 4h | 33,000 | 32,850 | 32,026 | 31,931 | 31,160 | 31,007 |
| | | 5H | 33,000 | 32,026 | 32,186 | 31,376 | 31,612 | 6g | 32,968 | 32,732 | 31,994 | 31,844 | 31,128 | 30,920 |
| | | 6H | 33,000 | 32,026 | 32,226 | 31,376 | 31,676 | 8g | 32,968 | 32,593 | 31,994 | 31,758 | 31,128 | 30,834 |
| | | 7H | 33,000 | 32,026 | 32,276 | 31,376 | 31,751 | 6e | 32,933 | 32,697 | 31,959 | 31,809 | 31,093 | 30,885 |
| | | 6G | 33,032 | 32,058 | 32,258 | 31,408 | 31,708 | 8e | 32,933 | 32,558 | 31,959 | 31,723 | 31,093 | 30,799 |
| | | 7G | 33,032 | 32,058 | 32,308 | 31,408 | 31,783 | 6f | 32,955 | 32,719 | 31,981 | 31,831 | 31,115 | 30,907 |
| 36 | 1,5 | 4H | 36,000 | 35,026 | 35,151 | 34,376 | 34,566 | 4h | 36,000 | 35,850 | 35,026 | 34,931 | 34,160 | 34,007 |
| | | 5H | 36,000 | 35,026 | 35,186 | 34,376 | 34,612 | 6g | 35,968 | 35,732 | 34,994 | 34,844 | 34,128 | 33,920 |
| | | 6H | 36,000 | 35,026 | 35,226 | 34,376 | 34,676 | 8g | 35,968 | 35,593 | 34,994 | 34,758 | 34,128 | 33,834 |
| | | 7H | 36,000 | 35,026 | 35,276 | 34,376 | 34,751 | 6e | 35,933 | 35,697 | 34,959 | 34,809 | 34,093 | 33,885 |
| | | 6G | 36,032 | 35,058 | 35,258 | 34,408 | 34,708 | 8e | 35,933 | 35,558 | 34,959 | 34,723 | 34,093 | 33,799 |
| | | 7G | 36,032 | 35,058 | 35,308 | 34,408 | 34,783 | 6f | 35,955 | 35,719 | 34,981 | 34,831 | 34,115 | 33,907 |
| 39 | 1,5 | 4H | 39,000 | 38,026 | 38,151 | 37,376 | 37,566 | 4h | 39,000 | 38,850 | 38,026 | 37,931 | 37,160 | 37,007 |
| | | 5H | 39,000 | 38,026 | 38,186 | 37,376 | 37,612 | 6g | 38,968 | 38,732 | 37,994 | 37,844 | 37,128 | 36,920 |
| | | 6H | 39,000 | 38,026 | 38,226 | 37,376 | 37,676 | 8g | 38,968 | 38,593 | 37,994 | 37,758 | 37,128 | 36,834 |
| | | 7H | 39,000 | 38,026 | 38,276 | 37,376 | 37,751 | 6e | 38,933 | 38,697 | 37,959 | 37,809 | 37,093 | 36,885 |
| | | 6G | 39,032 | 38,058 | 38,258 | 37,408 | 37,708 | 8e | 38,933 | 38,558 | 37,959 | 37,723 | 37,093 | 36,799 |
| | | 7G | 39,032 | 38,058 | 38,308 | 37,408 | 37,783 | 6f | 38,955 | 38,719 | 37,981 | 37,831 | 37,115 | 36,907 |
| 42 | 1,5 | 4H | 42,000 | 41,026 | 41,151 | 40,376 | 40,566 | 4h | 42,000 | 41,850 | 41,026 | 40,931 | 40,160 | 40,007 |
| | | 5H | 42,000 | 41,026 | 41,186 | 40,376 | 40,612 | 6g | 41,968 | 41,732 | 40,994 | 40,844 | 40,128 | 39,920 |
| | | 6H | 42,000 | 41,026 | 41,226 | 40,376 | 40,676 | 8g | 41,968 | 41,593 | 40,994 | 40,758 | 40,128 | 39,834 |
| | | 7H | 42,000 | 41,026 | 41,276 | 40,376 | 40,751 | 6e | 41,933 | 41,697 | 40,959 | 40,809 | 40,093 | 39,885 |
| | | 6G | 42,032 | 41,058 | 41,258 | 40,408 | 40,708 | 8e | 41,933 | 41,558 | 40,959 | 40,723 | 40,093 | 39,799 |
| | | 7G | 42,032 | 41,058 | 41,308 | 40,408 | 40,783 | 6f | 41,955 | 41,719 | 40,981 | 40,831 | 40,115 | 39,907 |
| 45 | 1,5 | 4H | 45,000 | 44,026 | 44,151 | 43,376 | 43,566 | 4h | 45,000 | 44,850 | 44,026 | 43,931 | 43,160 | 43,007 |
| | | 5H | 45,000 | 44,026 | 44,186 | 43,376 | 43,612 | 6g | 44,968 | 44,732 | 43,994 | 43,844 | 43,128 | 42,920 |
| | | 6H | 45,000 | 44,026 | 44,226 | 43,376 | 43,676 | 8g | 44,968 | 44,593 | 43,994 | 43,758 | 43,128 | 42,834 |
| | | 7H | 45,000 | 44,026 | 44,276 | 43,376 | 43,751 | 6e | 44,933 | 44,697 | 43,959 | 43,809 | 43,093 | 42,885 |
| | | 6G | 45,032 | 44,058 | 44,258 | 43,408 | 43,708 | 8e | 44,933 | 44,558 | 43,959 | 43,723 | 43,093 | 42,799 |
| | | 7G | 45,032 | 44,058 | 44,308 | 43,408 | 43,783 | 6f | 44,955 | 44,719 | 43,981 | 43,831 | 43,115 | 42,907 |



# Gewindetabellen

## Grenzmaße für Innen- und Außengewinde
## (Metrisches ISO-Feingewinde, Auszug aus DIN 13-21 bis -23, mit Ergänzungen)

| Gewinde-Nenndurchmesser d = D | Steigung P | Innengewinde | | | | | Außengewinde | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Toleranzklasse | Außendurchmesser D | Flankendurchmesser $D_2$ | | Kerndurchmesser $D_1$ | | Toleranzklasse | Außendurchmesser d | | Flankendurchmesser $d_2$ | | Kerndurchmesser $d_3$ | |
| | | | Mindestmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß |
| 48 | 1,5 | 4H | 48,000 | 47,026 | 47,158 | 46,376 | 46,566 | 4h | 48,000 | 47,850 | 47,026 | 46,926 | 46,160 | 46,002 |
| | | 5H | 48,000 | 47,026 | 47,196 | 46,376 | 46,612 | 6g | 47,968 | 47,732 | 46,994 | 46,834 | 46,128 | 45,910 |
| | | 6H | 48,000 | 47,026 | 47,238 | 46,376 | 46,676 | 8g | 47,968 | 47,593 | 46,994 | 46,744 | 46,128 | 45,820 |
| | | 7H | 48,000 | 47,026 | 47,291 | 46,376 | 46,751 | 6e | 47,933 | 47,697 | 46,959 | 46,799 | 46,093 | 45,875 |
| | | 6G | 48,032 | 47,058 | 47,270 | 46,408 | 46,708 | 8e | 47,933 | 47,558 | 46,959 | 46,709 | 46,093 | 45,785 |
| | | 7G | 48,032 | 47,058 | 47,323 | 46,408 | 46,783 | 6f | 47,955 | 47,719 | 46,981 | 46,821 | 46,115 | 45,897 |
| 52 | 1,5 | 4H | 52,000 | 51,026 | 51,158 | 50,376 | 50,566 | 4h | 52,000 | 51,850 | 51,026 | 50,926 | 50,160 | 50,002 |
| | | 5H | 52,000 | 51,026 | 51,196 | 50,376 | 50,612 | 6g | 51,968 | 51,732 | 50,994 | 50,834 | 50,128 | 49,910 |
| | | 6H | 52,000 | 51,026 | 51,238 | 50,376 | 50,676 | 8g | 51,968 | 51,593 | 50,994 | 50,744 | 50,128 | 49,820 |
| | | 7H | 52,000 | 51,026 | 51,291 | 50,376 | 50,751 | 6e | 51,933 | 51,697 | 50,959 | 50,799 | 50,093 | 49,875 |
| | | 6G | 52,032 | 51,058 | 51,270 | 50,408 | 50,708 | 8e | 51,933 | 51,558 | 50,959 | 50,709 | 50,093 | 49,785 |
| | | 7G | 52,032 | 51,058 | 51,323 | 50,408 | 50,783 | 6f | 51,955 | 51,719 | 50,981 | 50,821 | 50,115 | 49,897 |
| 18 | 2 | 4H | 18,000 | 16,701 | 16,833 | 15,835 | 16,071 | 4h | 18,000 | 17,820 | 16,701 | 16,601 | 15,546 | 15,369 |
| | | 5H | 18,000 | 16,701 | 16,871 | 15,835 | 16,135 | 6g | 17,962 | 17,682 | 16,663 | 16,503 | 15,508 | 15,271 |
| | | 6H | 18,000 | 16,701 | 16,913 | 15,835 | 16,210 | 8g | 17,962 | 17,512 | 16,663 | 16,413 | 15,508 | 15,181 |
| | | 7H | 18,000 | 16,701 | 16,966 | 15,835 | 16,310 | 6e | 17,929 | 17,649 | 16,630 | 16,470 | 15,475 | 15,238 |
| | | 6G | 18,038 | 16,739 | 16,951 | 15,873 | 16,248 | 8e | 17,929 | 17,479 | 16,630 | 16,380 | 15,475 | 15,148 |
| | | 7G | 18,038 | 16,739 | 17,004 | 15,873 | 16,348 | 6f | 17,948 | 17,668 | 16,649 | 16,489 | 15,494 | 15,257 |
| 20 | 2 | 4H | 20,000 | 18,701 | 18,833 | 17,835 | 18,071 | 4h | 20,000 | 19,820 | 18,701 | 18,601 | 17,546 | 17,369 |
| | | 5H | 20,000 | 18,701 | 18,871 | 17,835 | 18,135 | 6g | 19,962 | 19,682 | 18,663 | 18,503 | 17,508 | 17,271 |
| | | 6H | 20,000 | 18,701 | 18,913 | 17,835 | 18,210 | 8g | 19,962 | 19,512 | 18,663 | 18,413 | 17,508 | 17,181 |
| | | 7H | 20,000 | 18,701 | 18,966 | 17,835 | 18,310 | 6e | 19,929 | 19,649 | 18,630 | 18,470 | 17,475 | 17,238 |
| | | 6G | 20,038 | 18,739 | 18,951 | 17,873 | 18,248 | 8e | 19,929 | 19,479 | 18,630 | 18,380 | 17,475 | 17,148 |
| | | 7G | 20,038 | 18,739 | 19,004 | 17,873 | 18,348 | 6f | 19,948 | 19,668 | 18,649 | 18,489 | 17,494 | 17,257 |
| 22 | 2 | 4H | 22,000 | 20,701 | 20,833 | 19,835 | 20,071 | 4h | 22,000 | 21,820 | 20,701 | 20,601 | 19,546 | 19,369 |
| | | 5H | 22,000 | 20,701 | 20,871 | 19,835 | 20,135 | 6g | 21,962 | 21,682 | 20,663 | 20,503 | 19,508 | 19,271 |
| | | 6H | 22,000 | 20,701 | 20,913 | 19,835 | 20,210 | 8g | 21,962 | 21,512 | 20,663 | 20,413 | 19,508 | 19,181 |
| | | 7H | 22,000 | 20,701 | 20,966 | 19,835 | 20,310 | 6e | 21,929 | 21,649 | 20,630 | 20,470 | 19,475 | 19,238 |
| | | 6G | 22,038 | 20,739 | 20,951 | 19,873 | 20,248 | 8e | 21,929 | 21,479 | 20,630 | 20,380 | 19,475 | 19,148 |
| | | 7G | 22,038 | 20,739 | 21,004 | 19,873 | 20,348 | 6f | 21,948 | 21,668 | 20,649 | 20,489 | 19,494 | 19,257 |
| 24 | 2 | 4H | 24,000 | 22,701 | 22,841 | 21,835 | 22,071 | 4h | 24,000 | 23,820 | 22,701 | 22,595 | 21,546 | 21,363 |
| | | 5H | 24,000 | 22,701 | 22,881 | 21,835 | 22,135 | 6g | 23,962 | 23,682 | 22,663 | 22,493 | 21,508 | 21,261 |
| | | 6H | 24,000 | 22,701 | 22,925 | 21,835 | 22,210 | 8g | 23,962 | 23,512 | 22,663 | 22,398 | 21,508 | 21,166 |
| | | 7H | 24,000 | 22,701 | 22,981 | 21,835 | 22,310 | 6e | 23,929 | 23,649 | 22,630 | 22,460 | 21,475 | 21,228 |
| | | 6G | 24,038 | 22,739 | 22,963 | 21,873 | 22,248 | 8e | 23,929 | 23,479 | 22,630 | 22,365 | 21,475 | 21,133 |
| | | 7G | 24,038 | 22,739 | 23,019 | 21,873 | 22,348 | 6f | 23,948 | 23,668 | 22,649 | 22,479 | 21,494 | 21,247 |
| 27 | 2 | 4H | 27,000 | 25,701 | 25,841 | 24,835 | 25,071 | 4h | 27,000 | 26,820 | 25,701 | 25,595 | 24,546 | 24,363 |
| | | 5H | 27,000 | 25,701 | 25,881 | 24,835 | 25,135 | 6g | 26,962 | 26,682 | 25,663 | 25,493 | 24,508 | 24,261 |
| | | 6H | 27,000 | 25,701 | 25,925 | 24,835 | 25,210 | 8g | 26,962 | 26,512 | 25,663 | 25,398 | 24,508 | 24,166 |
| | | 7H | 27,000 | 25,701 | 25,981 | 24,835 | 25,310 | 6e | 26,929 | 26,649 | 25,630 | 25,460 | 24,475 | 24,228 |
| | | 6G | 27,038 | 25,739 | 25,963 | 24,873 | 25,248 | 8e | 26,929 | 26,479 | 25,630 | 25,365 | 24,475 | 24,133 |
| | | 7G | 27,038 | 25,739 | 26,019 | 24,873 | 25,348 | 6f | 26,948 | 26,668 | 25,649 | 25,479 | 24,494 | 24,247 |

## Grenzmaße für Innen- und Außengewinde
## (Metrisches ISO-Feingewinde, Auszug aus DIN 13-21 bis -23, mit Ergänzungen)

| Gewinde-Nenndurchmesser d = D | Steigung P | Innengewinde | | | | | | Außengewinde | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Toleranzklasse | Außendurchmesser D | Flankendurchmesser $D_2$ | | Kerndurchmesser $D_1$ | | Toleranzklasse | Außendurchmesser d | | Flankendurchmesser $d_2$ | | Kerndurchmesser $d_3$ | |
| | | | Mindestmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß |
| 30 | 2 | 4H | 30,000 | 28,701 | 28,841 | 27,825 | 28,071 | 4h | 30,000 | 29,820 | 28,701 | 28,595 | 27,546 | 27,363 |
| | | 5H | 30,000 | 28,701 | 28,881 | 27,835 | 28,135 | 6g | 29,962 | 29,682 | 28,663 | 28,493 | 27,508 | 27,261 |
| | | 6H | 30,000 | 28,701 | 28,925 | 27,835 | 28,210 | 8g | 29,962 | 29,512 | 28,663 | 28,398 | 27,508 | 27,166 |
| | | 7H | 30,000 | 28,701 | 28,981 | 27,835 | 28,310 | 6e | 29,929 | 29,649 | 28,630 | 28,460 | 27,475 | 27,228 |
| | | 6G | 30,038 | 28,739 | 28,963 | 27,873 | 28,248 | 8e | 29,929 | 29,479 | 28,630 | 28,365 | 27,475 | 27,133 |
| | | 7G | 30,038 | 28,739 | 29,019 | 27,873 | 28,348 | 6f | 29,948 | 29,668 | 28,649 | 28,479 | 27,494 | 27,247 |
| 33 | 2 | 4H | 33,000 | 31,701 | 31,841 | 30,835 | 31,071 | 4h | 33,000 | 32,820 | 31,701 | 31,595 | 30,546 | 30,363 |
| | | 5H | 33,000 | 31,701 | 31,881 | 30,835 | 31,135 | 6g | 32,962 | 32,682 | 31,663 | 31,493 | 30,508 | 30,261 |
| | | 6H | 33,000 | 31,701 | 31,925 | 30,835 | 31,210 | 8g | 32,962 | 32,512 | 31,663 | 31,398 | 30,508 | 30,166 |
| | | 7H | 33,000 | 31,701 | 31,981 | 30,835 | 31,310 | 6e | 32,929 | 32,649 | 31,630 | 31,460 | 30,475 | 30,228 |
| | | 6G | 33,038 | 31,739 | 31,963 | 30,873 | 31,248 | 8e | 32,929 | 32,479 | 31,630 | 31,365 | 30,475 | 30,133 |
| | | 7G | 33,038 | 31,739 | 32,019 | 30,873 | 31,348 | 6f | 32,948 | 32,668 | 31,649 | 31,479 | 30,494 | 30,247 |
| 36 | 2 | 4H | 36,000 | 34,701 | 34,841 | 33,835 | 34,071 | 4h | 36,000 | 35,820 | 34,701 | 34,595 | 33,546 | 33,363 |
| | | 5H | 36,000 | 34,701 | 34,881 | 33,835 | 34,135 | 6g | 35,962 | 35,682 | 34,663 | 34,493 | 33,508 | 33,261 |
| | | 6H | 36,000 | 34,701 | 34,925 | 33,835 | 34,210 | 8g | 35,962 | 35,512 | 34,663 | 34,398 | 33,508 | 33,166 |
| | | 7H | 36,000 | 34,701 | 34,981 | 33,835 | 34,310 | 6e | 35,929 | 35,649 | 34,630 | 34,460 | 33,475 | 33,228 |
| | | 6G | 36,038 | 34,739 | 34,963 | 33,873 | 34,248 | 8e | 35,929 | 35,479 | 34,630 | 34,365 | 33,475 | 33,133 |
| | | 7G | 36,038 | 34,739 | 35,019 | 33,873 | 34,348 | 6f | 35,948 | 35,668 | 34,649 | 34,479 | 33,494 | 33,247 |
| 39 | 2 | 4H | 39,000 | 37,701 | 37,841 | 36,835 | 37,071 | 4h | 39,000 | 38,820 | 37,701 | 37,595 | 39,546 | 36,363 |
| | | 5H | 39,000 | 37,701 | 37,881 | 36,835 | 37,135 | 6g | 38,962 | 38,682 | 37,663 | 37,493 | 36,508 | 36,261 |
| | | 6H | 39,000 | 37,701 | 37,925 | 36,835 | 37,210 | 8g | 38,962 | 38,512 | 37,663 | 37,398 | 36,508 | 36,166 |
| | | 7H | 39,000 | 37,701 | 37,981 | 36,835 | 37,310 | 6e | 38,929 | 38,649 | 37,630 | 37,460 | 36,475 | 36,228 |
| | | 6G | 39,038 | 37,739 | 37,963 | 36,873 | 37,248 | 8e | 38,929 | 38,479 | 37,630 | 37,365 | 36,475 | 36,133 |
| | | 7G | 39,038 | 37,739 | 38,019 | 36,873 | 37,348 | 6f | 38,948 | 38,668 | 37,649 | 37,479 | 36,494 | 36,247 |
| 42 | 2 | 4H | 42,000 | 40,701 | 40,841 | 39,835 | 40,071 | 4h | 42,000 | 41,820 | 40,701 | 40,595 | 39,546 | 39,363 |
| | | 5H | 42,000 | 40,701 | 40,881 | 39,835 | 40,135 | 6g | 41,962 | 41,682 | 40,663 | 40,493 | 39,508 | 39,261 |
| | | 6H | 42,000 | 40,701 | 40,925 | 39,835 | 40,210 | 8g | 41,962 | 41,512 | 40,663 | 40,398 | 39,508 | 39,166 |
| | | 7H | 42,000 | 40,701 | 40,981 | 39,835 | 40,310 | 6e | 41,929 | 41,649 | 40,630 | 40,460 | 39,475 | 39,228 |
| | | 6G | 42,038 | 40,739 | 40,963 | 39,873 | 40,248 | 8e | 41,929 | 41,479 | 40,630 | 40,365 | 39,475 | 39,133 |
| | | 7G | 42,038 | 40,739 | 41,019 | 39,873 | 40,348 | 6f | 41,948 | 41,668 | 40,649 | 40,479 | 39,494 | 39,247 |
| 45 | 2 | 4H | 45,000 | 43,701 | 43,841 | 42,835 | 43,071 | 4h | 45,000 | 44,820 | 43,701 | 43,595 | 42,546 | 42,363 |
| | | 5H | 45,000 | 43,701 | 43,881 | 42,835 | 43,135 | 6g | 44,962 | 44,682 | 43,663 | 43,493 | 42,508 | 42,261 |
| | | 6H | 45,000 | 43,701 | 43,925 | 42,835 | 43,210 | 8g | 44,962 | 44,512 | 43,663 | 43,398 | 42,508 | 42,166 |
| | | 7H | 45,000 | 43,701 | 40,981 | 42,835 | 43,310 | 6e | 44,929 | 44,649 | 43,630 | 43,460 | 42,475 | 42,228 |
| | | 6G | 45,038 | 43,739 | 43,963 | 42,873 | 43,248 | 8e | 44,929 | 44,479 | 43,630 | 43,365 | 42,475 | 42,133 |
| | | 7G | 45,038 | 43,739 | 41,019 | 42,873 | 43,348 | 6f | 44,948 | 44,668 | 43,649 | 43,479 | 42,494 | 42,247 |
| 48 | 2 | 4H | 48,000 | 46,701 | 46,851 | 45,835 | 46,071 | 4h | 48,000 | 47,820 | 46,701 | 46,589 | 45,546 | 45,357 |
| | | 5H | 48,000 | 46,701 | 46,891 | 45,835 | 46,135 | 6g | 47,962 | 47,682 | 46,663 | 46,483 | 45,508 | 45,251 |
| | | 6H | 48,000 | 46,701 | 46,937 | 45,835 | 46,210 | 8g | 47,962 | 47,512 | 46,663 | 46,383 | 45,508 | 45,151 |
| | | 7H | 48,000 | 46,701 | 47,001 | 45,835 | 46,310 | 6e | 47,929 | 47,649 | 46,630 | 46,450 | 45,475 | 45,218 |
| | | 6G | 48,038 | 46,739 | 46,975 | 45,873 | 46,248 | 8e | 47,929 | 47,479 | 46,630 | 46,350 | 45,475 | 45,118 |
| | | 7G | 48,038 | 46,739 | 47,039 | 45,873 | 46,348 | 6f | 47,948 | 47,668 | 46,649 | 46,469 | 45,494 | 45,237 |



# Gewindetabellen

## Grenzmaße für Innen- und Außengewinde
## (Metrisches ISO-Feingewinde, Auszug aus DIN 13-21 bis -23, mit Ergänzungen)

| Gewinde-Nenndurchmesser d = D | Steigung P | Innengewinde | | | | | Außengewinde | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Toleranzklasse | Außendurchmesser D | Flankendurchmesser $D_2$ | | Kerndurchmesser $D_1$ | Toleranzklasse | Außendurchmesser d | | Flankendurchmesser $d_2$ | | Kerndurchmesser $d_3$ | |
| | | | Mindestmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß |
| 52 | 2 | 4H | 52,000 | 50,701 | 50,851 | 49,835 | 50,071 | 4h | 52,000 | 51,820 | 50,701 | 50,589 | 49,546 | 49,357 |
| | | 5H | 52,000 | 50,701 | 50,891 | 49,835 | 50,135 | 6g | 51,962 | 51,682 | 50,663 | 50,483 | 49,508 | 49,251 |
| | | 6H | 52,000 | 50,701 | 50,937 | 49,835 | 50,210 | 8g | 51,962 | 51,512 | 50,663 | 50,383 | 49,508 | 49,151 |
| | | 7H | 52,000 | 50,701 | 51,001 | 49,835 | 50,310 | 6e | 51,929 | 51,649 | 50,630 | 50,450 | 49,475 | 49,218 |
| | | 6G | 52,038 | 50,739 | 50,975 | 49,873 | 50,248 | 8e | 51,929 | 51,479 | 50,630 | 50,350 | 49,475 | 49,118 |
| | | 7G | 52,038 | 50,739 | 51,039 | 49,873 | 50,348 | 6f | 51,948 | 51,668 | 50,649 | 50,469 | 49,494 | 49,237 |
| 56 | 2 | 4H | 56,000 | 54,701 | 54,851 | 53,835 | 54,071 | 4h | 56,000 | 55,820 | 54,701 | 54,589 | 53,546 | 53,357 |
| | | 5H | 56,000 | 54,701 | 54,891 | 53,835 | 54,135 | 6g | 55,962 | 55,682 | 54,663 | 54,483 | 53,508 | 53,251 |
| | | 6H | 56,000 | 54,701 | 54,937 | 53,835 | 54,210 | 8g | 55,962 | 55,512 | 54,663 | 54,383 | 53,508 | 53,151 |
| | | 7H | 56,000 | 54,701 | 55,001 | 53,835 | 54,310 | 6e | 55,929 | 55,649 | 54,630 | 54,450 | 53,475 | 53,218 |
| | | 6G | 56,038 | 54,739 | 54,975 | 53,873 | 54,248 | 8e | 55,929 | 55,479 | 54,630 | 54,350 | 53,475 | 53,118 |
| | | 7G | 56,038 | 54,739 | 55,039 | 53,873 | 54,348 | 6f | 55,948 | 55,668 | 54,649 | 54,469 | 53,494 | 53,237 |
| 60 | 2 | 4H | 60,000 | 58,701 | 58,851 | 57,835 | 58,071 | 4h | 60,000 | 59,820 | 58,701 | 58,589 | 57,546 | 57,357 |
| | | 5H | 60,000 | 58,701 | 58,891 | 57,835 | 58,135 | 6g | 59,962 | 59,682 | 58,663 | 58,483 | 57,508 | 57,251 |
| | | 6H | 60,000 | 58,701 | 58,937 | 57,835 | 58,210 | 8g | 59,962 | 59,512 | 58,663 | 58,383 | 57,508 | 57,151 |
| | | 7H | 60,000 | 58,701 | 59,001 | 57,835 | 58,310 | 6e | 59,929 | 59,649 | 58,630 | 58,450 | 57,475 | 57,218 |
| | | 6G | 60,038 | 58,739 | 58,975 | 57,873 | 58,248 | 8e | 59,929 | 59,479 | 58,630 | 58,350 | 57,475 | 57,118 |
| | | 7G | 60,038 | 58,739 | 59,039 | 57,873 | 58,348 | 6f | 59,948 | 59,668 | 58,649 | 58,469 | 57,494 | 57,237 |
| 64 | 2 | 4H | 64,000 | 62,701 | 62,851 | 61,835 | 62,071 | 4h | 64,000 | 63,820 | 62,701 | 62,589 | 61,546 | 61,357 |
| | | 5H | 64,000 | 62,701 | 62,891 | 61,835 | 62,135 | 6g | 63,962 | 63,682 | 62,663 | 62,483 | 61,508 | 61,251 |
| | | 6H | 64,000 | 62,701 | 62,937 | 61,835 | 62,210 | 8g | 63,962 | 63,512 | 62,663 | 62,383 | 61,508 | 61,151 |
| | | 7H | 64,000 | 62,701 | 63,001 | 61,835 | 62,310 | 6e | 63,929 | 63,649 | 62,630 | 62,450 | 61,475 | 61,218 |
| | | 6G | 64,038 | 62,739 | 62,975 | 61,873 | 62,248 | 8e | 63,929 | 63,479 | 62,630 | 62,350 | 61,475 | 61,118 |
| | | 7G | 64,038 | 62,739 | 63,039 | 61,873 | 62,348 | 6f | 63,948 | 63,668 | 62,649 | 62,469 | 61,494 | 61,237 |
| 68 | 2 | 4H | 68,000 | 66,701 | 66,851 | 65,835 | 66,071 | 4h | 68,000 | 67,820 | 66,701 | 66,589 | 65,546 | 65,357 |
| | | 5H | 68,000 | 66,701 | 66,891 | 65,835 | 66,135 | 6g | 67,962 | 67,682 | 66,663 | 66,483 | 65,508 | 65,251 |
| | | 6H | 68,000 | 66,701 | 66,937 | 65,835 | 66,210 | 8g | 67,962 | 67,512 | 66,663 | 66,383 | 65,508 | 65,151 |
| | | 7H | 68,000 | 66,701 | 67,001 | 65,835 | 66,310 | 6e | 67,929 | 67,649 | 66,630 | 66,450 | 65,475 | 65,218 |
| | | 6G | 68,038 | 66,739 | 66,975 | 65,873 | 66,248 | 8e | 67,929 | 67,479 | 66,630 | 66,350 | 65,475 | 65,118 |
| | | 7G | 68,038 | 66,739 | 67,039 | 65,873 | 66,348 | 6f | 67,948 | 67,668 | 66,649 | 66,469 | 65,494 | 65,237 |
| 72 | 2 | 4H | 72,000 | 70,701 | 70,851 | 69,835 | 70,071 | 4h | 72,000 | 71,820 | 70,701 | 70,589 | 69,546 | 69,357 |
| | | 5H | 72,000 | 70,701 | 70,891 | 69,835 | 70,135 | 6g | 71,962 | 71,682 | 70,663 | 70,483 | 69,508 | 69,251 |
| | | 6H | 72,000 | 70,701 | 70,937 | 69,835 | 70,210 | 8g | 71,962 | 71,512 | 70,663 | 70,383 | 69,508 | 69,151 |
| | | 7H | 72,000 | 70,701 | 71,001 | 69,835 | 70,310 | 6e | 71,929 | 71,649 | 70,630 | 70,450 | 69,475 | 69,218 |
| | | 6G | 72,038 | 70,739 | 70,975 | 69,873 | 70,248 | 8e | 71,929 | 71,479 | 70,630 | 70,350 | 69,475 | 69,118 |
| | | 7G | 72,038 | 70,739 | 71,039 | 69,873 | 70,348 | 6f | 71,948 | 71,668 | 70,649 | 70,469 | 69,494 | 69,237 |
| 76 | 2 | 4H | 76,000 | 74,701 | 74,851 | 73,835 | 74,071 | 4h | 76,000 | 75,820 | 74,701 | 74,589 | 73,546 | 73,357 |
| | | 5H | 76,000 | 74,701 | 74,891 | 73,835 | 74,135 | 6g | 75,962 | 75,682 | 74,663 | 74,483 | 73,508 | 73,251 |
| | | 6H | 76,000 | 74,701 | 74,937 | 73,835 | 74,210 | 8g | 75,962 | 75,512 | 74,663 | 74,383 | 73,508 | 73,151 |
| | | 7H | 76,000 | 74,701 | 75,001 | 73,835 | 74,310 | 6e | 75,929 | 75,649 | 74,630 | 74,450 | 73,475 | 73,218 |
| | | 6G | 76,038 | 74,739 | 74,975 | 73,873 | 74,248 | 8e | 75,929 | 75,479 | 74,630 | 74,350 | 73,475 | 73,118 |
| | | 7G | 76,038 | 74,739 | 75,039 | 73,873 | 74,348 | 6f | 75,948 | 75,668 | 74,649 | 74,469 | 73,494 | 73,237 |

## Grenzmaße für Innen- und Außengewinde
## (Metrisches ISO-Feingewinde, Auszug aus DIN 13-21 bis -23, mit Ergänzungen)

| Gewinde-Nenndurchmesser d = D | Steigung P | Innengewinde | | | | | | Außengewinde | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Toleranzklasse | Außendurchmesser D | Flankendurchmesser $D_2$ | | Kerndurchmesser $D_1$ | | Toleranzklasse | Außendurchmesser d | | Flankendurchmesser $d_2$ | | Kerndurchmesser $d_3$ | |
| | | | Mindestmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß |
| 30 | 3 | 4H | 30,000 | 28,051 | 28,221 | 26,752 | 27,067 | 4h | 30,000 | 29,764 | 28,051 | 27,926 | 26,319 | 26,078 |
| | | 5H | 30,000 | 28,051 | 28,263 | 26,752 | 27,152 | 6g | 29,952 | 29,577 | 28,003 | 27,803 | 26,271 | 25,955 |
| | | 6H | 30,000 | 28,051 | 28,316 | 26,752 | 27,252 | 8g | 29,952 | 29,352 | 28,002 | 27,688 | 26,271 | 25,840 |
| | | 7H | 30,000 | 28,051 | 28,386 | 26,752 | 27,382 | 6e | 29,915 | 29,540 | 27,966 | 27,766 | 26,234 | 25,918 |
| | | 6G | 30,048 | 28,099 | 28,364 | 26,800 | 27,300 | 8e | 29,915 | 29,315 | 27,965 | 27,651 | 26,234 | 25,803 |
| | | 7G | 30,048 | 28,099 | 28,434 | 26,800 | 27,430 | 6f | 29,937 | 29,562 | 27,988 | 27,788 | 26,256 | 25,940 |
| 33 | 3 | 4H | 33,000 | 31,051 | 31,221 | 29,752 | 30,067 | 4h | 33,000 | 32,764 | 31,051 | 30,926 | 29,319 | 29,078 |
| | | 5H | 33,000 | 31,051 | 31,263 | 29,752 | 30,152 | 6g | 32,952 | 32,577 | 31,003 | 30,803 | 29,271 | 28,955 |
| | | 6H | 33,000 | 31,051 | 31,316 | 29,752 | 30,252 | 8g | 32,952 | 32,352 | 31,003 | 30,688 | 29,271 | 28,840 |
| | | 7H | 33,000 | 31,051 | 31,386 | 29,752 | 30,382 | 6e | 32,915 | 32,540 | 30,966 | 30,766 | 29,234 | 28,918 |
| | | 6G | 33,048 | 31,099 | 31,364 | 29,800 | 30,300 | 8e | 32,915 | 32,315 | 30,966 | 30,651 | 29,234 | 28,803 |
| | | 7G | 33,048 | 31,099 | 31,434 | 29,800 | 30,430 | 6f | 32,937 | 32,562 | 30,988 | 30,788 | 29,256 | 28,940 |
| 36 | 3 | 4H | 36,000 | 34,051 | 34,221 | 32,752 | 33,067 | 4h | 36,000 | 35,764 | 34,051 | 33,926 | 32,319 | 32,078 |
| | | 5H | 36,000 | 34,051 | 34,263 | 32,752 | 33,152 | 6g | 35,952 | 35,577 | 34,003 | 33,803 | 32,271 | 31,955 |
| | | 6H | 36,000 | 34,051 | 34,316 | 32,752 | 33,252 | 8g | 35,952 | 35,352 | 34,003 | 33,688 | 32,271 | 31,840 |
| | | 7H | 36,000 | 34,051 | 34,386 | 32,752 | 33,382 | 6e | 35,915 | 35,540 | 33,966 | 33,766 | 32,234 | 31,918 |
| | | 6G | 36,048 | 34,099 | 34,364 | 32,800 | 33,300 | 8e | 35,915 | 35,315 | 33,966 | 33,651 | 32,234 | 31,803 |
| | | 7G | 36,048 | 34,099 | 34,434 | 32,800 | 33,430 | 6f | 35,937 | 35,562 | 33,988 | 33,788 | 32,256 | 31,940 |
| 39 | 3 | 4H | 39,000 | 37,051 | 37,221 | 35,752 | 36,067 | 4h | 39,000 | 38,764 | 37,051 | 36,926 | 35,319 | 35,078 |
| | | 5H | 39,000 | 37,051 | 37,263 | 35,752 | 36,152 | 6g | 38,952 | 38,577 | 37,003 | 39,803 | 35,271 | 34,955 |
| | | 6H | 39,000 | 37,051 | 37,316 | 35,752 | 36,252 | 8g | 38,952 | 38,352 | 37,003 | 36,688 | 35,271 | 34,840 |
| | | 7H | 39,000 | 37,051 | 37,386 | 35,752 | 36,382 | 6e | 38,915 | 38,540 | 36,966 | 39,766 | 35,234 | 34,918 |
| | | 6G | 39,048 | 37,099 | 37,364 | 35,800 | 36,300 | 8e | 38,915 | 38,315 | 36,966 | 36,651 | 35,234 | 34,803 |
| | | 7G | 39,048 | 37,099 | 37,434 | 35,800 | 36,430 | 6f | 38,937 | 38,562 | 36,988 | 39,788 | 35,256 | 34,940 |
| 42 | 3 | 4H | 42,000 | 40,051 | 40,221 | 38,752 | 39,067 | 4h | 42,000 | 41,764 | 40,051 | 39,926 | 38,319 | 38,078 |
| | | 5H | 42,000 | 40,051 | 40,263 | 38,752 | 39,152 | 6g | 41,952 | 41,577 | 40,003 | 39,803 | 38,271 | 37,955 |
| | | 6H | 42,000 | 40,051 | 40,316 | 38,752 | 39,252 | 8g | 41,952 | 41,352 | 40,003 | 39,688 | 38,271 | 37,840 |
| | | 7H | 42,000 | 40,051 | 40,386 | 38,752 | 39,382 | 6e | 41,915 | 41,540 | 39,966 | 39,766 | 38,234 | 37,918 |
| | | 6G | 42,048 | 40,099 | 40,364 | 38,800 | 39,300 | 8e | 41,915 | 41,315 | 39,966 | 39,651 | 38,234 | 37,803 |
| | | 7G | 42,048 | 40,099 | 40,434 | 38,800 | 39,430 | 6f | 41,937 | 41,562 | 39,988 | 39,788 | 38,256 | 37,940 |
| 45 | 3 | 4H | 45,000 | 43,051 | 43,221 | 41,752 | 42,067 | 4h | 45,000 | 44,764 | 43,051 | 42,926 | 41,319 | 41,078 |
| | | 5H | 45,000 | 43,051 | 43,263 | 41,752 | 42,152 | 6g | 44,952 | 44,577 | 43,003 | 42,803 | 41,271 | 40,955 |
| | | 6H | 45,000 | 43,051 | 43,316 | 41,752 | 42,252 | 8g | 44,952 | 44,352 | 43,003 | 42,688 | 41,271 | 40,840 |
| | | 7H | 45,000 | 43,051 | 43,386 | 41,752 | 42,382 | 6e | 44,915 | 44,540 | 42,966 | 42,766 | 41,234 | 40,918 |
| | | 6G | 45,048 | 43,099 | 43,364 | 41,800 | 42,300 | 8e | 44,915 | 44,315 | 42,966 | 42,651 | 41,234 | 40,803 |
| | | 7G | 45,048 | 43,099 | 43,434 | 41,800 | 42,430 | 6f | 44,937 | 44,562 | 42,988 | 42,788 | 41,256 | 40,940 |
| 48 | 3 | 4H | 48,000 | 46,051 | 46,231 | 44,752 | 45,067 | 4h | 48,000 | 47,764 | 46,051 | 45,919 | 44,319 | 44,071 |
| | | 5H | 48,000 | 46,051 | 46,275 | 44,752 | 45,152 | 6g | 47,952 | 47,577 | 46,003 | 45,791 | 44,271 | 43,943 |
| | | 6H | 48,000 | 46,051 | 46,331 | 44,752 | 45,252 | 8g | 47,952 | 47,352 | 46,003 | 45,668 | 44,271 | 43,820 |
| | | 7H | 48,000 | 46,051 | 46,406 | 44,752 | 45,382 | 6e | 47,915 | 47,540 | 45,966 | 45,754 | 44,234 | 43,906 |
| | | 6G | 48,048 | 46,099 | 46,379 | 44,800 | 45,300 | 8e | 47,915 | 47,315 | 45,966 | 45,631 | 44,234 | 43,783 |
| | | 7G | 48,048 | 46,099 | 46,454 | 44,800 | 45,430 | 6f | 47,937 | 47,562 | 45,988 | 45,776 | 44,256 | 43,928 |



# Gewindetabellen

## Grenzmaße für Innen- und Außengewinde
## (Metrisches ISO-Feingewinde, Auszug aus DIN 13-21 bis -23, mit Ergänzungen)

| Gewinde-Nenndurchmesser d = D | Steigung P | Innengewinde | | | | | Außengewinde | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Toleranzklasse | Außendurchmesser D | Flankendurchmesser $D_2$ | | Kerndurchmesser $D_1$ | | Toleranzklasse | Außendurchmesser d | | Flankendurchmesser $d_2$ | | Kerndurchmesser $d_3$ | |
| | | | Mindestmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß |
| 52 | 3 | 4H | 52,000 | 50,051 | 50,231 | 48,752 | 49,067 | 4h | 52,000 | 51,764 | 50,051 | 49,919 | 48,319 | 48,071 |
| | | 5H | 52,000 | 50,051 | 50,275 | 48,752 | 49,152 | 6g | 51,952 | 51,577 | 50,003 | 49,791 | 48,271 | 47,943 |
| | | 6H | 52,000 | 50,051 | 50,331 | 48,752 | 49,252 | 8g | 51,952 | 51,352 | 50,003 | 49,668 | 48,271 | 47,820 |
| | | 7H | 52,000 | 50,051 | 50,406 | 48,752 | 49,382 | 6e | 51,915 | 51,540 | 49,966 | 49,754 | 48,234 | 47,906 |
| | | 6G | 52,048 | 50,099 | 50,379 | 48,800 | 49,300 | 8e | 51,915 | 51,315 | 49,966 | 49,631 | 48,234 | 47,783 |
| | | 7G | 52,048 | 50,099 | 50,454 | 48,800 | 49,430 | 6f | 51,937 | 51,562 | 49,988 | 49,776 | 48,256 | 47,928 |
| 56 | 3 | 4H | 56,000 | 54,051 | 54,231 | 52,752 | 53,067 | 4h | 56,000 | 55,764 | 54,051 | 53,919 | 52,319 | 52,071 |
| | | 5H | 56,000 | 54,051 | 54,275 | 52,752 | 53,152 | 6g | 55,952 | 55,577 | 54,003 | 53,791 | 52,271 | 51,943 |
| | | 6H | 56,000 | 54,051 | 54,331 | 52,752 | 53,252 | 8g | 55,952 | 55,352 | 54,003 | 53,668 | 52,271 | 51,820 |
| | | 7H | 56,000 | 54,051 | 54,406 | 52,752 | 53,382 | 6e | 55,915 | 55,540 | 53,966 | 53,754 | 52,234 | 51,906 |
| | | 6G | 56,048 | 54,099 | 54,379 | 52,800 | 53,300 | 8e | 55,915 | 55,315 | 53,966 | 53,631 | 52,234 | 51,783 |
| | | 7G | 56,048 | 54,099 | 54,454 | 52,800 | 53,430 | 6f | 55,937 | 55,562 | 53,988 | 53,776 | 52,256 | 51,928 |
| 60 | 3 | 4H | 60,000 | 58,051 | 58,231 | 56,752 | 57,067 | 4h | 60,000 | 59,764 | 58,051 | 57,919 | 56,319 | 56,071 |
| | | 5H | 60,000 | 58,051 | 58,275 | 56,752 | 57,152 | 6g | 59,952 | 59,577 | 58,003 | 57,791 | 56,271 | 55,943 |
| | | 6H | 60,000 | 58,051 | 58,331 | 56,752 | 57,252 | 8g | 59,952 | 59,352 | 58,003 | 57,668 | 56,271 | 55,820 |
| | | 7H | 60,000 | 58,051 | 58,406 | 56,752 | 57,382 | 6e | 59,915 | 59,540 | 57,966 | 57,754 | 56,234 | 55,906 |
| | | 6G | 60,048 | 58,099 | 58,379 | 56,800 | 57,300 | 8e | 59,915 | 59,315 | 57,966 | 57,631 | 56,234 | 55,783 |
| | | 7G | 60,048 | 58,099 | 58,454 | 56,800 | 57,430 | 6f | 59,937 | 59,562 | 57,988 | 57,776 | 56,256 | 55,928 |
| 64 | 3 | 4H | 64,000 | 62,051 | 62,231 | 60,752 | 61,067 | 4h | 64,000 | 63,764 | 62,051 | 61,919 | 60,319 | 60,071 |
| | | 5H | 64,000 | 62,051 | 62,275 | 60,752 | 61,152 | 6g | 63,952 | 63,577 | 62,003 | 61,791 | 60,271 | 59,943 |
| | | 6H | 64,000 | 62,051 | 62,331 | 60,752 | 61,252 | 8g | 63,952 | 63,352 | 62,003 | 61,668 | 60,271 | 59,820 |
| | | 7H | 64,000 | 62,051 | 62,406 | 60,752 | 61,382 | 6e | 63,915 | 63,540 | 61,966 | 61,754 | 60,234 | 59,906 |
| | | 6G | 64,048 | 62,099 | 62,379 | 60,800 | 61,300 | 8e | 63,915 | 63,315 | 61,966 | 61,631 | 60,234 | 59,783 |
| | | 7G | 64,048 | 62,099 | 62,454 | 60,800 | 61,430 | 6f | 63,937 | 63,562 | 61,988 | 61,776 | 60,256 | 59,928 |
| 68 | 3 | 4H | 68,000 | 66,051 | 66,231 | 64,752 | 65,067 | 4h | 68,000 | 67,764 | 66,051 | 65,919 | 64,319 | 64,071 |
| | | 5H | 68,000 | 66,051 | 66,275 | 64,752 | 65,152 | 6g | 67,952 | 67,577 | 66,003 | 65,791 | 64,271 | 63,943 |
| | | 6H | 68,000 | 66,051 | 66,331 | 64,752 | 65,252 | 8g | 67,952 | 67,352 | 66,003 | 65,668 | 64,271 | 63,820 |
| | | 7H | 68,000 | 66,051 | 66,406 | 64,752 | 65,382 | 6e | 67,915 | 67,540 | 65,966 | 65,754 | 64,234 | 63,906 |
| | | 6G | 68,048 | 66,099 | 66,379 | 64,800 | 65,300 | 8e | 67,915 | 67,315 | 65,966 | 65,631 | 64,234 | 63,783 |
| | | 7G | 68,048 | 66,099 | 66,454 | 64,800 | 65,430 | 6f | 67,937 | 67,562 | 65,988 | 65,776 | 64,256 | 63,928 |
| 72 | 3 | 4H | 72,000 | 70,051 | 70,231 | 68,752 | 69,067 | 4h | 72,000 | 71,764 | 70,051 | 69,919 | 68,319 | 68,071 |
| | | 5H | 72,000 | 70,051 | 70,275 | 68,752 | 69,152 | 6g | 71,952 | 71,577 | 70,003 | 69,791 | 68,271 | 67,943 |
| | | 6H | 72,000 | 70,051 | 70,331 | 68,752 | 69,252 | 8g | 71,952 | 71,352 | 70,003 | 69,668 | 68,271 | 67,820 |
| | | 7H | 72,000 | 70,051 | 70,406 | 68,752 | 69,382 | 6e | 71,915 | 71,540 | 69,966 | 69,754 | 68,234 | 67,906 |
| | | 6G | 72,048 | 70,099 | 70,379 | 68,800 | 69,300 | 8e | 71,915 | 71,315 | 69,966 | 69,631 | 68,234 | 67,783 |
| | | 7G | 72,048 | 70,099 | 70,454 | 68,800 | 69,430 | 6f | 71,937 | 71,562 | 69,988 | 69,776 | 68,256 | 67,928 |
| 76 | 3 | 4H | 76,000 | 74,051 | 74,231 | 72,752 | 73,067 | 4h | 76,000 | 75,764 | 74,051 | 73,919 | 72,319 | 72,071 |
| | | 5H | 76,000 | 74,051 | 74,275 | 72,752 | 73,152 | 6g | 75,952 | 75,577 | 74,003 | 73,791 | 72,271 | 71,943 |
| | | 6H | 76,000 | 74,051 | 74,331 | 72,752 | 73,252 | 8g | 75,952 | 75,352 | 74,003 | 73,668 | 72,271 | 71,820 |
| | | 7H | 76,000 | 74,051 | 74,406 | 72,752 | 73,382 | 6e | 75,915 | 75,540 | 73,966 | 73,754 | 72,234 | 71,906 |
| | | 6G | 76,048 | 74,099 | 74,379 | 72,800 | 73,300 | 8e | 75,915 | 75,315 | 73,966 | 73,631 | 72,234 | 71,783 |
| | | 7G | 76,048 | 74,099 | 74,454 | 72,800 | 73,430 | 6f | 75,937 | 75,562 | 73,988 | 73,776 | 72,256 | 71,928 |

## Grenzmaße für Innen- und Außengewinde
## (Metrisches ISO-Feingewinde, Auszug aus DIN 13-21 bis -23, mit Ergänzungen)

| Gewinde-Nenndurchmesser d = D | Steigung P | Innengewinde | | | | | | Außengewinde | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Toleranzklasse | Außendurchmesser D | Flankendurchmesser $D_2$ | | Kerndurchmesser $D_1$ | | Toleranzklasse | Außendurchmesser d | | Flankendurchmesser $d_2$ | | Kerndurchmesser $d_3$ | |
| | | | Mindestmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß |
| 80 | 3 | 4H | 80,000 | 78,051 | 78,231 | 76,752 | 77,067 | 4h | 80,000 | 79,764 | 78,051 | 77,919 | 76,319 | 79,071 |
| | | 5H | 80,000 | 78,051 | 78,275 | 76,752 | 77,152 | 6g | 79,952 | 79,577 | 78,003 | 77,791 | 76,271 | 75,943 |
| | | 6H | 80,000 | 78,051 | 78,331 | 76,752 | 77,252 | 8g | 79,952 | 79,352 | 78,003 | 77,668 | 76,271 | 75,820 |
| | | 7H | 80,000 | 78,051 | 78,406 | 76,752 | 77,382 | 6e | 79,915 | 79,540 | 77,966 | 77,754 | 76,234 | 75,906 |
| | | 6G | 80,048 | 78,099 | 78,379 | 76,800 | 77,300 | 8e | 79,915 | 79,315 | 77,966 | 77,631 | 76,234 | 75,783 |
| | | 7G | 80,048 | 78,099 | 78,454 | 76,800 | 77,430 | 6f | 79,937 | 79,562 | 77,988 | 77,776 | 76,256 | 75,928 |
| 85 | 3 | 4H | 85,000 | 83,051 | 83,231 | 81,752 | 82,067 | 4h | 85,000 | 84,764 | 83,051 | 82,919 | 81,319 | 81,071 |
| | | 5H | 85,000 | 83,051 | 83,275 | 81,752 | 82,152 | 6g | 84,952 | 84,577 | 83,003 | 82,791 | 81,271 | 80,943 |
| | | 6H | 85,000 | 83,051 | 83,331 | 81,752 | 82,252 | 8g | 84,952 | 84,352 | 83,003 | 82,668 | 81,271 | 80,820 |
| | | 7H | 85,000 | 83,051 | 83,406 | 81,752 | 82,382 | 6e | 84,915 | 84,540 | 82,966 | 82,754 | 81,234 | 80,906 |
| | | 6G | 85,048 | 83,099 | 83,379 | 81,800 | 82,300 | 8e | 84,915 | 84,315 | 82,966 | 82,631 | 81,234 | 80,783 |
| | | 7G | 85,048 | 83,099 | 83,454 | 81,800 | 82,430 | 6f | 84,937 | 84,562 | 82,988 | 82,776 | 81,256 | 80,928 |
| 90 | 3 | 4H | 90,000 | 88,051 | 88,231 | 86,752 | 87,067 | 4h | 90,000 | 89,764 | 88,051 | 87,919 | 86,319 | 86,071 |
| | | 5H | 90,000 | 88,051 | 88,275 | 86,752 | 87,152 | 6g | 89,952 | 89,577 | 88,003 | 87,791 | 86,271 | 85,943 |
| | | 6H | 90,000 | 88,051 | 88,331 | 86,752 | 87,252 | 8g | 89,952 | 89,352 | 88,003 | 87,668 | 86,271 | 85,820 |
| | | 7H | 90,000 | 88,051 | 88,406 | 86,752 | 87,382 | 6e | 89,915 | 89,540 | 87,966 | 87,754 | 86,234 | 85,906 |
| | | 6G | 90,048 | 88,099 | 88,379 | 86,800 | 87,300 | 8e | 89,915 | 89,315 | 87,966 | 87,631 | 86,234 | 85,783 |
| | | 7G | 90,048 | 88,099 | 88,454 | 86,800 | 87,430 | 6f | 89,937 | 89,562 | 87,988 | 87,776 | 86,256 | 85,928 |
| 42 | 4 | 4H | 42,000 | 39,402 | 39,592 | 37,670 | 38,045 | 4h | 42,000 | 41,720 | 39,402 | 39,262 | 37,093 | 36,799 |
| | | 5H | 42,000 | 39,402 | 39,638 | 37,670 | 38,145 | 6g | 41,940 | 41,465 | 39,342 | 39,118 | 39,033 | 36,655 |
| | | 6H | 42,000 | 39,402 | 39,702 | 37,670 | 38,270 | 8g | 41,940 | 41,220 | 39,342 | 39,987 | 37,033 | 36,524 |
| | | 7H | 42,000 | 39,402 | 39,777 | 37,670 | 38,420 | 6e | 41,905 | 41,430 | 39,307 | 39,083 | 38,998 | 36,620 |
| | | 6G | 42,060 | 39,462 | 39,762 | 37,730 | 38,330 | 8e | 41,905 | 41,185 | 39,307 | 39,952 | 36,998 | 36,489 |
| | | 7G | 42,060 | 39,462 | 39,837 | 37,730 | 38,480 | 6f | 41,925 | 41,450 | 39,327 | 39,103 | 39,018 | 36,640 |
| 45 | 4 | 4H | 45,000 | 42,402 | 42,592 | 40,670 | 41,045 | 4h | 45,000 | 44,720 | 42,402 | 42,262 | 40,093 | 39,799 |
| | | 5H | 45,000 | 42,402 | 42,638 | 40,670 | 41,145 | 6g | 44,940 | 44,465 | 42,342 | 42,118 | 40,033 | 39,655 |
| | | 6H | 45,000 | 42,402 | 42,702 | 40,670 | 41,270 | 8g | 44,940 | 44,220 | 42,342 | 41,987 | 40,033 | 39,524 |
| | | 7H | 45,000 | 42,402 | 42,777 | 40,670 | 41,420 | 6e | 44,905 | 44,430 | 42,307 | 42,083 | 39,998 | 39,620 |
| | | 6G | 45,060 | 42,462 | 42,762 | 40,730 | 41,330 | 8e | 44,905 | 44,185 | 42,307 | 41,952 | 39,998 | 39,489 |
| | | 7G | 45,060 | 42,462 | 42,837 | 40,730 | 41,480 | 6f | 44,925 | 44,450 | 42,327 | 42,103 | 40,018 | 39,640 |
| 48 | 4 | 4H | 48,000 | 45,402 | 45,602 | 43,670 | 44,045 | 4h | 48,000 | 47,720 | 45,402 | 45,252 | 43,093 | 42,789 |
| | | 5H | 48,000 | 45,402 | 45,652 | 43,670 | 44,145 | 6g | 47,940 | 47,465 | 45,342 | 45,106 | 43,033 | 42,643 |
| | | 6H | 48,000 | 45,402 | 45,717 | 43,670 | 44,270 | 8g | 47,940 | 47,220 | 45,342 | 44,967 | 43,033 | 42,504 |
| | | 7H | 48,000 | 45,402 | 45,802 | 43,670 | 44,420 | 6e | 47,905 | 47,430 | 45,307 | 45,071 | 42,998 | 42,608 |
| | | 6G | 48,060 | 45,462 | 45,777 | 43,730 | 44,330 | 8e | 47,905 | 47,185 | 45,307 | 44,932 | 42,998 | 42,469 |
| | | 7G | 48,060 | 45,462 | 45,862 | 43,730 | 44,480 | 6f | 47,925 | 47,450 | 45,327 | 45,091 | 43,018 | 42,628 |
| 52 | 4 | 4H | 52,000 | 49,402 | 49,602 | 47,670 | 48,045 | 4h | 52,000 | 51,720 | 49,402 | 49,252 | 47,093 | 46,789 |
| | | 5H | 52,000 | 49,402 | 49,652 | 47,670 | 48,145 | 6g | 51,940 | 51,465 | 49,342 | 49,106 | 47,033 | 46,643 |
| | | 6H | 52,000 | 49,402 | 49,717 | 47,670 | 48,270 | 8g | 51,940 | 51,220 | 49,342 | 48,967 | 47,033 | 46,504 |
| | | 7H | 52,000 | 49,402 | 49,802 | 47,670 | 48,420 | 6e | 51,905 | 51,430 | 49,307 | 49,071 | 46,998 | 46,608 |
| | | 6G | 52,060 | 49,462 | 49,777 | 47,730 | 48,330 | 8e | 51,905 | 51,185 | 49,307 | 48,932 | 46,998 | 46,469 |
| | | 7G | 52,060 | 49,462 | 49,862 | 47,730 | 48,480 | 6f | 51,925 | 51,450 | 49,327 | 49,091 | 47,018 | 46,628 |



# Gewindetabellen

## Grenzmaße für Innen- und Außengewinde
## (Metrisches ISO-Feingewinde, Auszug aus DIN 13-21 bis -23, mit Ergänzungen)

| Gewinde-Nenndurchmesser d = D | Steigung P | Innengewinde | | | | | Außengewinde | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Toleranzklasse | Außendurchmesser D | Flankendurchmesser $D_2$ | | Kerndurchmesser $D_1$ | | Toleranzklasse | Außendurchmesser d | | Flankendurchmesser $d_2$ | | Kerndurchmesser $d_3$ | |
| | | | Mindestmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß |
| 56 | 4 | 4H | 56,000 | 53,402 | 53,602 | 51,670 | 52,045 | 4h | 56,000 | 55,700 | 53,402 | 53,252 | 51,093 | 50,789 |
| | | 5H | 56,000 | 53,402 | 53,652 | 51,670 | 52,145 | 6g | 55,940 | 55,465 | 53,342 | 53,106 | 51,033 | 50,643 |
| | | 6H | 56,000 | 53,402 | 53,717 | 51,670 | 52,270 | 8g | 55,940 | 55,190 | 53,342 | 52,967 | 51,033 | 50,504 |
| | | 7H | 56,000 | 53,402 | 53,802 | 51,670 | 52,420 | 6e | 55,905 | 55,430 | 53,307 | 53,071 | 50,998 | 50,608 |
| | | 6G | 56,060 | 53,462 | 53,777 | 51,730 | 52,330 | 8e | 55,905 | 55,155 | 53,307 | 52,932 | 50,998 | 50,469 |
| | | 7G | 56,060 | 53,462 | 53,862 | 51,730 | 52,480 | 6f | 55,925 | 55,450 | 53,327 | 53,091 | 51,018 | 50,628 |
| 60 | 4 | 4H | 60,000 | 57,402 | 57,602 | 55,670 | 56,045 | 4h | 60,000 | 59,700 | 57,402 | 57,252 | 55,093 | 54,789 |
| | | 5H | 60,000 | 57,402 | 57,652 | 55,670 | 56,145 | 6g | 59,940 | 59,465 | 57,342 | 57,106 | 55,033 | 54,643 |
| | | 6H | 60,000 | 57,402 | 57,717 | 55,670 | 56,270 | 8g | 59,940 | 59,190 | 57,342 | 59,967 | 55,033 | 54,504 |
| | | 7H | 60,000 | 57,402 | 57,802 | 55,670 | 56,420 | 6e | 59,905 | 59,430 | 57,307 | 57,071 | 54,998 | 54,608 |
| | | 6G | 60,060 | 57,462 | 57,777 | 55,730 | 56,330 | 8e | 59,905 | 59,155 | 57,307 | 59,932 | 54,998 | 54,469 |
| | | 7G | 60,060 | 57,462 | 57,862 | 55,730 | 56,480 | 6f | 59,925 | 59,450 | 57,327 | 57,091 | 55,018 | 54,628 |
| 64 | 4 | 4H | 64,000 | 61,402 | 61,602 | 59,670 | 60,045 | 4h | 64,000 | 63,700 | 61,402 | 61,252 | 59,093 | 58,789 |
| | | 5H | 64,000 | 61,402 | 61,652 | 59,670 | 60,145 | 6g | 63,940 | 63,465 | 61,342 | 61,106 | 59,033 | 58,643 |
| | | 6H | 64,000 | 61,402 | 61,717 | 59,670 | 60,270 | 8g | 63,940 | 63,190 | 61,342 | 60,967 | 59,033 | 58,504 |
| | | 7H | 64,000 | 61,402 | 61,802 | 59,670 | 60,420 | 6e | 63,905 | 63,430 | 61,307 | 61,071 | 58,998 | 58,608 |
| | | 6G | 64,060 | 61,462 | 61,777 | 59,730 | 60,330 | 8e | 63,905 | 63,155 | 61,307 | 60,932 | 58,998 | 58,469 |
| | | 7G | 64,060 | 61,462 | 61,862 | 59,730 | 60,480 | 6f | 63,925 | 63,450 | 61,327 | 61,091 | 59,018 | 58,628 |
| 68 | 4 | 4H | 68,000 | 65,402 | 64,602 | 63,670 | 64,045 | 4h | 68,000 | 67,700 | 65,402 | 65,252 | 63,093 | 62,789 |
| | | 5H | 68,000 | 65,402 | 65,652 | 63,670 | 64,145 | 6g | 67,940 | 67,465 | 65,342 | 65,106 | 63,003 | 62,643 |
| | | 6H | 68,000 | 65,402 | 65,717 | 63,670 | 64,270 | 8g | 67,940 | 97,190 | 65,342 | 64,967 | 63,033 | 62,504 |
| | | 7H | 68,000 | 65,402 | 65,802 | 63,670 | 64,420 | 6e | 67,905 | 67,430 | 65,307 | 65,071 | 62,968 | 62,608 |
| | | 6G | 68,060 | 65,462 | 65,777 | 63,730 | 64,330 | 8e | 67,905 | 67,155 | 65,307 | 64,932 | 62,998 | 62,469 |
| | | 7G | 68,060 | 65,462 | 65,862 | 63,730 | 64,480 | 6f | 67,925 | 67,450 | 65,327 | 65,091 | 62,988 | 62,628 |
| 72 | 4 | 4H | 72,000 | 69,402 | 69,602 | 67,670 | 68,045 | 4h | 72,000 | 71,700 | 69,402 | 69,252 | 67,093 | 66,789 |
| | | 5H | 72,000 | 69,402 | 69,652 | 67,670 | 68,145 | 6g | 71,940 | 71,465 | 69,342 | 69,106 | 67,033 | 66,643 |
| | | 6H | 72,000 | 69,402 | 69,717 | 67,670 | 68,270 | 8g | 71,940 | 71,190 | 69,342 | 68,967 | 67,033 | 66,504 |
| | | 7H | 72,000 | 69,402 | 69,802 | 67,670 | 68,420 | 6e | 71,905 | 71,430 | 69,307 | 69,071 | 66,998 | 66,608 |
| | | 6G | 72,060 | 69,462 | 69,777 | 67,730 | 68,330 | 8e | 71,905 | 71,155 | 69,307 | 68,932 | 66,998 | 66,469 |
| | | 7G | 72,060 | 69,462 | 69,862 | 67,730 | 68,480 | 6f | 71,925 | 71,450 | 69,327 | 69,091 | 67,018 | 66,628 |
| 76 | 4 | 4H | 76,000 | 73,402 | 73,602 | 71,670 | 72,045 | 4h | 76,000 | 75,700 | 73,402 | 73,252 | 71,093 | 70,789 |
| | | 5H | 76,000 | 73,402 | 73,652 | 71,670 | 72,145 | 6g | 75,940 | 75,465 | 73,342 | 73,106 | 71,033 | 70,643 |
| | | 6H | 76,000 | 73,402 | 73,717 | 71,670 | 72,270 | 8g | 75,940 | 75,190 | 73,342 | 72,967 | 71,033 | 70,504 |
| | | 7H | 76,000 | 73,402 | 73,802 | 71,670 | 72,420 | 6e | 75,905 | 75,430 | 73,307 | 73,071 | 70,998 | 70,608 |
| | | 6G | 76,060 | 73,462 | 73,777 | 71,730 | 72,330 | 8e | 75,905 | 75,155 | 73,307 | 72,932 | 70,998 | 70,469 |
| | | 7G | 76,060 | 73,462 | 73,862 | 71,730 | 72,480 | 6f | 75,925 | 75,450 | 73,327 | 73,091 | 71,018 | 70,628 |
| 80 | 4 | 4H | 80,000 | 77,402 | 77,602 | 75,670 | 76,045 | 4h | 80,000 | 79,700 | 77,402 | 77,252 | 75,093 | 74,789 |
| | | 5H | 80,000 | 77,402 | 77,652 | 75,670 | 76,145 | 6g | 79,940 | 79,465 | 77,342 | 77,106 | 75,033 | 74,643 |
| | | 6H | 80,000 | 77,402 | 77,717 | 75,670 | 76,270 | 8g | 79,940 | 79,190 | 77,342 | 76,967 | 75,033 | 74,504 |
| | | 7H | 80,000 | 77,402 | 77,802 | 75,670 | 76,420 | 6e | 79,905 | 79,430 | 77,307 | 77,071 | 74,998 | 74,608 |
| | | 6G | 80,060 | 77,462 | 77,777 | 75,730 | 76,330 | 8e | 79,905 | 79,155 | 77,307 | 76,932 | 74,998 | 74,469 |
| | | 7G | 80,060 | 77,462 | 77,862 | 75,730 | 76,480 | 6f | 79,925 | 79,450 | 77,327 | 77,091 | 75,018 | 74,628 |

## Grenzmaße für Innen- und Außengewinde
## (Metrisches ISO-Feingewinde, Auszug aus DIN 13-21 bis -23, mit Ergänzungen)

| Gewinde-Nenndurchmesser d = D | Steigung P | Innengewinde | | | | | | Außengewinde | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Toleranzklasse | Außendurchmesser D | Flankendurchmesser $D_2$ | | Kerndurchmesser $D_1$ | | Toleranzklasse | Außendurchmesser d | | Flankendurchmesser $d_2$ | | Kerndurchmesser $d_3$ | |
| | | | Mindestmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß |
| 85 | 4 | 4H | 85,000 | 82,402 | 82,602 | 80,670 | 81,045 | 4h | 85,000 | 84,700 | 82,402 | 82,252 | 80,093 | 79,789 |
| | | 5H | 85,000 | 82,402 | 82,652 | 80,670 | 81,145 | 6g | 84,940 | 84,465 | 82,342 | 82,106 | 80,033 | 79,643 |
| | | 6H | 85,000 | 82,402 | 82,717 | 80,670 | 81,270 | 8g | 84,940 | 84,190 | 82,342 | 81,967 | 80,033 | 79,504 |
| | | 7H | 85,000 | 82,402 | 82,802 | 80,670 | 81,420 | 6e | 84,905 | 84,430 | 82,307 | 82,071 | 79,998 | 79,608 |
| | | 6G | 85,060 | 82,462 | 82,777 | 80,730 | 81,330 | 8e | 84,905 | 84,155 | 82,307 | 81,932 | 79,998 | 79,469 |
| | | 7G | 85,060 | 82,462 | 82,862 | 80,730 | 81,480 | 6f | 84,925 | 84,450 | 82,327 | 82,091 | 80,018 | 79,628 |
| 90 | 4 | 4H | 90,000 | 87,402 | 87,602 | 85,670 | 86,045 | 4h | 90,000 | 89,700 | 87,402 | 87,252 | 85,093 | 84,789 |
| | | 5H | 90,000 | 87,402 | 87,652 | 85,670 | 86,145 | 6g | 89,940 | 89,465 | 87,342 | 87,106 | 85,033 | 84,643 |
| | | 6H | 90,000 | 87,402 | 87,717 | 85,670 | 86,270 | 8g | 89,940 | 89,190 | 87,342 | 86,967 | 85,033 | 84,504 |
| | | 7H | 90,000 | 87,402 | 87,802 | 85,670 | 86,420 | 6e | 89,905 | 89,430 | 87,307 | 87,071 | 84,998 | 84,608 |
| | | 6G | 90,060 | 87,462 | 87,777 | 85,730 | 86,330 | 8e | 89,905 | 89,155 | 87,307 | 86,932 | 84,998 | 84,469 |
| | | 7G | 90,060 | 87,462 | 87,862 | 85,730 | 86,480 | 6f | 89,925 | 89,450 | 87,327 | 87,091 | 85,018 | 84,628 |
| 95 | 4 | 4H | 90,000 | 92,402 | 92,614 | 90,670 | 91,045 | 4h | 95,000 | 94,700 | 92,402 | 92,242 | 90,093 | 89,779 |
| | | 5H | 95,000 | 92,402 | 92,667 | 90,670 | 91,145 | 6g | 94,940 | 94,465 | 92,342 | 92,092 | 90,033 | 89,629 |
| | | 6H | 95,000 | 92,402 | 92,737 | 90,670 | 91,270 | 8g | 94,940 | 94,190 | 92,342 | 91,942 | 90,033 | 89,479 |
| | | 7H | 95,000 | 92,402 | 92,827 | 90,670 | 91,420 | 6e | 94,905 | 94,430 | 92,307 | 92,057 | 89,998 | 89,594 |
| | | 6G | 95,060 | 92,462 | 92,797 | 90,730 | 91,330 | 8e | 94,905 | 94,155 | 92,307 | 91,907 | 89,998 | 89,444 |
| | | 7G | 95,060 | 92,462 | 92,887 | 90,730 | 91,480 | 6f | 94,925 | 94,450 | 92,327 | 92,077 | 90,018 | 89,614 |
| 100 | 4 | 4H | 100,000 | 97,402 | 97,614 | 95,670 | 96,045 | 4h | 100,000 | 99,700 | 97,402 | 97,242 | 95,093 | 94,799 |
| | | 5H | 100,000 | 97,402 | 97,667 | 95,670 | 96,145 | 6g | 99,940 | 99,465 | 97,342 | 97,092 | 95,033 | 94,629 |
| | | 6H | 100,000 | 97,402 | 97,737 | 95,670 | 96,270 | 8g | 99,940 | 99,190 | 97,342 | 96,942 | 95,033 | 94,479 |
| | | 7H | 100,000 | 97,402 | 97,824 | 95,670 | 96,420 | 6e | 99,905 | 99,430 | 97,307 | 97,057 | 94,998 | 94,594 |
| | | 6G | 100,060 | 97,462 | 97,797 | 95,730 | 96,330 | 8e | 99,905 | 99,155 | 97,307 | 96,907 | 94,998 | 94,444 |
| | | 7G | 100,060 | 97,462 | 97,884 | 95,730 | 96,480 | 6f | 99,925 | 99,450 | 97,327 | 97,077 | 95,018 | 94,614 |
| 72 | 6 | 4H | 72,000 | 68,103 | 68,339 | 65,505 | 66,005 | 4h | 72,000 | 71,625 | 68,103 | 67,923 | 64,639 | 64,228 |
| | | 5H | 72,000 | 68,103 | 68,403 | 65,505 | 66,135 | 6g | 71,920 | 71,320 | 68,023 | 67,743 | 64,559 | 64,048 |
| | | 6H | 72,000 | 68,103 | 68,478 | 65,505 | 66,305 | 8g | 71,920 | 70,970 | 68,023 | 67,573 | 64,559 | 63,878 |
| | | 7H | 72,000 | 68,103 | 68,578 | 65,505 | 66,505 | 6e | 71,882 | 71,282 | 67,985 | 67,705 | 64,521 | 64,010 |
| | | 6G | 72,080 | 68,183 | 68,558 | 65,585 | 66,385 | 8e | 71,882 | 70,932 | 67,985 | 67,535 | 64,521 | 63,840 |
| | | 7G | 72,080 | 68,183 | 68,658 | 65,585 | 66,585 | 6f | 71,905 | 71,305 | 68,008 | 67,728 | 64,544 | 64,033 |
| 76 | 6 | 4H | 76,000 | 72,103 | 72,339 | 69,505 | 70,005 | 4h | 76,000 | 76,625 | 72,103 | 71,923 | 68,639 | 68,228 |
| | | 5H | 76,000 | 72,103 | 72,403 | 69,505 | 70,135 | 6g | 75,920 | 75,320 | 72,023 | 71,743 | 68,559 | 68,048 |
| | | 6H | 76,000 | 72,103 | 72,478 | 69,505 | 70,305 | 8g | 75,920 | 74,970 | 72,023 | 71,573 | 68,559 | 67,878 |
| | | 7H | 79,000 | 72,103 | 72,578 | 69,505 | 70,505 | 6e | 75,882 | 75,282 | 71,985 | 71,705 | 68,521 | 68,010 |
| | | 6G | 76,080 | 72,183 | 72,558 | 69,585 | 70,385 | 8e | 75,882 | 74,932 | 71,985 | 71,535 | 68,521 | 67,840 |
| | | 7G | 79,080 | 72,183 | 72,658 | 69,585 | 70,585 | 6f | 75,905 | 75,305 | 72,008 | 71,728 | 68,544 | 68,033 |
| 80 | 6 | 4H | 80,000 | 76,103 | 76,339 | 73,505 | 74,005 | 4h | 80,000 | 79,625 | 76,103 | 75,923 | 72,639 | 72,228 |
| | | 5H | 80,000 | 76,103 | 76,403 | 73,505 | 74,135 | 6g | 79,920 | 79,320 | 76,023 | 75,743 | 72,559 | 72,048 |
| | | 6H | 80,000 | 76,103 | 76,478 | 73,505 | 74,305 | 8g | 79,920 | 78,970 | 76,023 | 75,573 | 72,559 | 71,878 |
| | | 7H | 80,000 | 76,103 | 76,578 | 73,505 | 74,505 | 6e | 79,882 | 79,282 | 75,985 | 75,705 | 72,521 | 72,010 |
| | | 6G | 80,080 | 76,183 | 76,558 | 73,585 | 74,385 | 8e | 79,882 | 78,932 | 75,985 | 75,535 | 72,521 | 71,840 |
| | | 7G | 80,080 | 76,183 | 76,658 | 73,585 | 74,585 | 6f | 79,905 | 79,305 | 76,008 | 75,728 | 72,544 | 72,033 |



# Gewindetabellen

## Grenzmaße für Innen- und Außengewinde
## (Metrisches ISO-Feingewinde, Auszug aus DIN 13-21 bis -23, mit Ergänzungen)

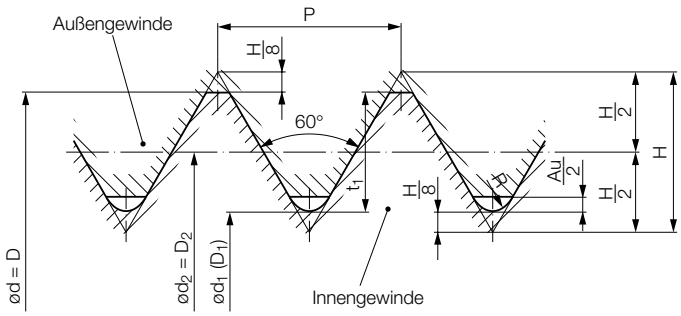
| Gewinde-Nenndurchmesser d = D | Steigung P | Innengewinde | | | | | | Außengewinde | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Toleranzklasse | Außendurchmesser D | Flankendurchmesser $D_2$ | | Kerndurchmesser $D_1$ | | Toleranzklasse | Außendurchmesser d | | Flankendurchmesser $d_2$ | | Kerndurchmesser $d_3$ | |
| | | | Mindestmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß |
| 85 | 6 | 4H | 85,000 | 81,103 | 81,339 | 78,505 | 79,005 | 4h | 85,000 | 84,625 | 81,103 | 80,923 | 77,639 | 77,228 |
| | | 5H | 85,000 | 81,103 | 81,403 | 78,505 | 79,135 | 6g | 84,920 | 84,320 | 81,023 | 80,743 | 77,559 | 77,048 |
| | | 6H | 85,000 | 81,103 | 81,478 | 78,505 | 79,305 | 8g | 84,920 | 83,970 | 81,023 | 80,573 | 77,559 | 76,878 |
| | | 7H | 85,000 | 81,103 | 81,578 | 78,505 | 79,505 | 6e | 84,882 | 84,282 | 80,985 | 80,705 | 77,521 | 77,010 |
| | | 6G | 85,080 | 81,183 | 81,558 | 78,585 | 79,385 | 8e | 84,882 | 83,932 | 80,985 | 80,535 | 77,521 | 76,840 |
| | | 7G | 85,080 | 81,183 | 81,658 | 78,585 | 79,585 | 6f | 84,905 | 84,305 | 81,008 | 80,728 | 77,544 | 77,033 |
| 90 | 6 | 4H | 90,000 | 86,103 | 86,339 | 83,505 | 84,005 | 4h | 90,000 | 89,625 | 86,103 | 85,923 | 82,639 | 82,228 |
| | | 5H | 90,000 | 86,103 | 86,403 | 83,505 | 84,135 | 6g | 89,920 | 89,320 | 86,023 | 85,743 | 82,559 | 82,048 |
| | | 6H | 90,000 | 86,103 | 86,478 | 83,505 | 84,305 | 8g | 89,920 | 88,970 | 86,023 | 85,573 | 82,559 | 81,878 |
| | | 7H | 90,000 | 86,103 | 86,578 | 83,505 | 84,505 | 6e | 89,882 | 89,282 | 85,985 | 85,705 | 82,521 | 82,010 |
| | | 6G | 90,080 | 86,183 | 86,558 | 83,585 | 84,385 | 8e | 89,882 | 88,932 | 85,985 | 85,535 | 82,521 | 81,840 |
| | | 7G | 90,080 | 86,183 | 86,658 | 83,585 | 84,585 | 6f | 89,905 | 89,305 | 86,008 | 85,728 | 82,544 | 82,033 |
| 95 | 6 | 4H | 95,000 | 91,103 | 91,353 | 88,505 | 89,005 | 4h | 95,000 | 94,625 | 91,103 | 90,913 | 87,639 | 87,218 |
| | | 5H | 95,000 | 91,103 | 91,418 | 88,505 | 89,135 | 6g | 94,920 | 94,320 | 91,023 | 90,723 | 87,559 | 87,028 |
| | | 6H | 95,000 | 91,103 | 91,503 | 88,505 | 89,305 | 8g | 94,920 | 93,970 | 91,023 | 90,548 | 87,559 | 86,853 |
| | | 7H | 95,000 | 91,103 | 91,603 | 88,505 | 89,505 | 6e | 94,882 | 94,282 | 90,985 | 90,685 | 87,521 | 86,990 |
| | | 6G | 95,080 | 91,183 | 91,583 | 88,585 | 89,385 | 8e | 94,882 | 93,932 | 90,985 | 90,510 | 87,521 | 86,815 |
| | | 7G | 95,080 | 91,183 | 91,683 | 88,585 | 89,585 | 6f | 94,905 | 94,305 | 91,008 | 90,708 | 87,544 | 87,013 |
| 100 | 6 | 4H | 100,000 | 96,103 | 96,353 | 93,505 | 94,005 | 4h | 100,000 | 99,625 | 96,103 | 95,913 | 92,639 | 92,218 |
| | | 5H | 100,000 | 96,103 | 96,418 | 93,505 | 94,135 | 6g | 99,920 | 99,320 | 96,023 | 95,723 | 92,559 | 92,028 |
| | | 6H | 100,000 | 96,103 | 96,503 | 93,505 | 94,305 | 8g | 99,920 | 98,970 | 96,023 | 95,548 | 92,559 | 91,853 |
| | | 7H | 100,000 | 96,103 | 96,603 | 93,505 | 94,505 | 6e | 99,882 | 99,282 | 95,985 | 95,685 | 92,521 | 91,990 |
| | | 6G | 100,080 | 96,183 | 96,583 | 93,585 | 94,385 | 8e | 99,882 | 98,932 | 95,985 | 95,510 | 92,521 | 91,815 |
| | | 7G | 100,080 | 96,183 | 96,683 | 93,585 | 94,585 | 6f | 99,905 | 99,305 | 96,008 | 95,708 | 92,544 | 92,013 |

Maße in mm

## 15.3 Metrisches DIN-Gewinde (veraltet) Auszug aus DIN 13 (ungültig) und DIN 13-1 (ungültig)

**DIN-Profil, nicht ISO. Nicht für Neukonstruktionen!**

Die Gewinde M1,7 – M2,3 – M2,6 sind nach ISO nicht genormt. Sie sollen durch die ISO-Abmessungen M1,6 – M1,8 – M2,2 – M2,5 ersetzt werden. Die Umstellung auf das ISO-Profil erfolgte 1969. Nach einer Übergangszeit wurden die Nennmaße bzw. Toleranzen 1986 aus DIN 13-1 bzw. 1999 aus DIN ISO 965-1 (früher DIN 13-15) endgültig aus den Normen gestrichen. Für Gewinde ohne Toleranzangabe gilt Toleranz mittel (m). Für Toleranz fein lautet die Bezeichnung z.B. M2,6f.




$d_1 = d - 2t_1$

$d_2 = D_2 = d - t_1$

$H = 0{,}8660\ P$

$R = 0{,}1082\ P = \frac{H}{8}$

$t_1 = 0{,}6495\ P$

### Innengewinde

| Gewinde-Nenndurchm. (Außendurchm. **D** min.) | Steigung **P** | Toleranz fein (f) | | | | | | | Toleranz mittel (m) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Flankendurchmesser **$D_2$** | | **$T_{D2}$** | **Au** | Kerndurchmesser **$D_1$** | | **$T_{D1}$** | Flankendurchmesser **$D_2$** | | **$T_{D2}$** | **Au** | Kerndurchmesser **$D_1$** | | **$T_{D1}$** |
| | | min. | max. | | | min. | max. | | min. | max. | | | min. | max. | |
| 1,7 | 0,35 | 1,473 | 1,518 | 0,045 | 0,010 | 1,256 | 1,346 | 0,090 | 1,473 | 1,544 | 0,071 | 0,010 | 1,256 | 1,346 | 0,090 |
| 2,3 | 0,4 | 2,040 | 2,090 | 0,050 | 0,015 | 1,795 | 1,920 | 0,125 | 2,040 | 2,120 | 0,080 | 0,015 | 1,795 | 1,920 | 0,125 |
| 2,6 | 0,45 | 2,308 | 2,358 | 0,050 | 0,020 | 2,036 | 2,176 | 0,140 | 2,308 | 2,388 | 0,080 | 0,020 | 2,036 | 2,176 | 0,140 |
| 5,5 | 0,9 | 4,915 | 4,978 | 0,063 | 0,026 | 4,357 | 4,581 | 0,224 | 4,915 | 5,015 | 0,100 | 0,026 | 4,357 | 4,581 | 0,224 |

Maße in mm

### Außengewinde

| Gewinde-Nenn-durchmesser | Steigung **P** | Toleranz fein (f) | | | | | | Toleranz mittel (m) | | | | | | Kern-durchmesser **$d_1$** max. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Außendurchmesser **d** | | **$T_d$** | Flankendurchmesser **$d_2$** | | **$T_{d2}$** | Außendurchmesser **d** | | **$T_d$** | Flankendurchmesser **$d_2$** | | **$T_{d2}$** | |
| | | min. | max. | | min. | max. | | min. | max. | | min. | max. | | |
| 1,7 | 0,35 | 1,629 | 1,700 | 0,071 | 1,428 | 1,473 | 0,045 | 1,629 | 1,700 | 0,071 | 1,402 | 1,473 | 0,071 | 1,246 |
| 2,3 | 0,4 | 2,200 | 2,300 | 0,100 | 1,990 | 2,040 | 0,050 | 2,200 | 2,300 | 0,100 | 1,960 | 2,040 | 0,080 | 1,780 |
| 2,6 | 0,45 | 2,488 | 2,600 | 0,112 | 2,258 | 2,308 | 0,050 | 2,488 | 2,600 | 0,112 | 2,228 | 2,308 | 0,080 | 2,016 |
| 5,5 | 0,9 | 5,320 | 5,500 | 0,180 | 4,852 | 4,915 | 0,063 | 5,320 | 5,500 | 0,180 | 4,815 | 4,915 | 0,100 | 4,331 |

Maße in mm

Ohne speziellen Hinweis fertigt EMUGE die Abmessungen mit Toleranzen nach DIN ISO 965-1!

## 15.4 Rohrgewinde für nicht im Gewinde dichtende Verbindungen (Auszug aus DIN EN ISO 228)

In dieser Norm sind keine Abmaße für den Kerndurchmesser des Außengewindes und den Außendurchmesser des Innengewindes festgelegt. Üblicherweise werden die Gewinde so gefertigt, dass das obere Abmaß für den Kerndurchmesser des Außengewindes und das untere Abmaß für den Außendurchmesser des Innengewindes null sein darf und dass in beiden Fällen das jeweils andere Abmaß freigestellt ist.

Diese Gewinde sind **nicht** für im Gewinde dichtende Verbindungen geeignet. Wenn Verbindungen mit solchen Gewinden druckdicht sein müssen, so kann das durch das Gegeneinanderpressen zweier Dichtflächen außerhalb der Gewinde und durch Zwischenlegen einer geeigneten Dichtung erreicht werden.

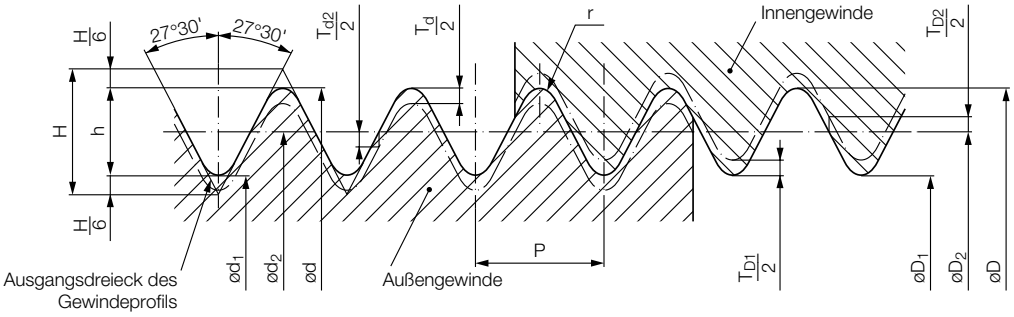
Die Paarung eines zylindrischen Rohraußengewindes G der Toleranzklassen A oder B nach ISO 228-1 mit einem zylindrischen Rohrinnengewinde Rp nach ISO 7-1 erfordert besondere Maßnahmen.

Für die Innengewinde-Herstellung sind für DIN EN ISO 228 und ISO 7 unterschiedliche Gewindebohrer erforderlich. Für die Toleranzen der Gewindebohrer siehe **Kapitel 8.6.8**.

Für den Fall, dass eine solche Kombination erforderlich wird, müssen die Toleranzen des zylindrischen Rohrinnengewindes nach ISO 7-1 in den entsprechenden Produktnormen, in denen die Kombination mit zylindrischen Rohraußengewinden G festgelegt ist, berücksichtigt werden. Eine solche Gewindekombination führt nicht in jedem Fall zu einer im Gewinde dichtenden Verbindung.

Das Grundprofil dieser Rohrgewinde ist identisch mit dem des zylindrischen Rohrgewindes nach ISO 7-1. Die Innen- und Außengewinde nach diesem Teil von ISO 228 sind zylindrisch.

Der Außendurchmesser des Außengewindes und der Kerndurchmesser des Innengewindes sind üblicherweise abgeflacht. Die Gewindespitzen dürfen bis zu den Grenzabmaßen entsprechend den Spalten „$T_{D1}$ oberes Abmaß“ und „$T_d$ unteres Abmaß“ der nachfolgenden Tabelle abgeflacht sein.

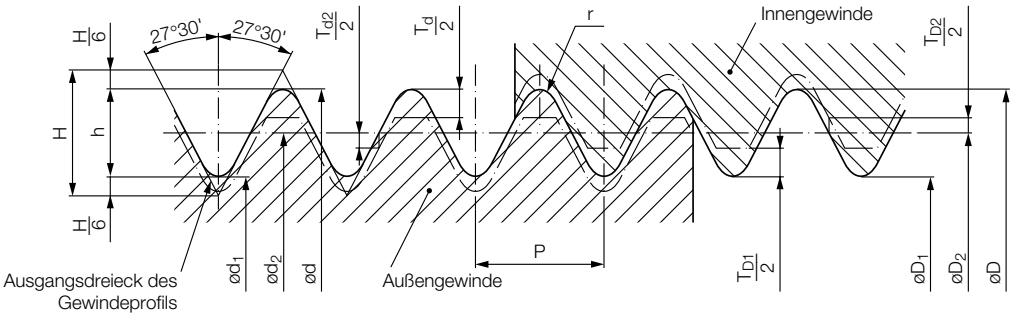



H = 0,960491 P

h = 0,640327 P

r = 0,137329 P

**Profil des voll ausgeformten Gewindes und Toleranzen**




**Profil des abgeflachten Gewindes und Toleranzen**

## Bezeichnung

Vollständige Bezeichnung eines Rohrgewindes, Rechtsgewinde der Nenngröße 1 1/2:

| | | |
|---|---|---|
| • Innengewinde | (nur eine Toleranzklasse) | Rohrgewinde ISO 228 – G 1 1/2 |
| • Außengewinde | Toleranzklasse A | Rohrgewinde ISO 228 – G 1 1/2 A |
| | Toleranzklasse B | Rohrgewinde ISO 228 – G 1 1/2 B |

## Gewindemaße und Toleranzen

| Gewinde-Nenngröße | Anzahl der Teilungen auf 25,4 mm | Steigung | Profilhöhe | Durchmesser | | | Toleranz für Flankendurchmesser [1] | | | | | Toleranz für Kerndurchmesser Innengewinde | | Toleranz für Außendurchmesser Außengewinde | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Außendurchmesser | Flankendurchmesser | Kerndurchmesser | Innengewinde $T_{D2}$ | | Außengewinde $T_{d2}$ | | | $T_{D1}$ | | $T_d$ | |
| | | | | | | | unteres Abmaß | oberes Abmaß | unteres Abmaß | | oberes Abmaß | unteres Abmaß | oberes Abmaß | unteres Abmaß | oberes Abmaß |
| | | | | | | | | | Toleranzklasse A | Toleranzklasse B | | | | | |
| | | P | h | d = D | $d_2 = D_2$ | $d_1 = D_1$ | | | | | | | | | |
| G 1/16 | 28 | 0,907 | 0,581 | 7,723 | 7,142 | 6,561 | 0 | +0,107 | –0,107 | –0,214 | 0 | 0 | +0,282 | –0,214 | 0 |
| G 1/8 | 28 | 0,907 | 0,581 | 9,728 | 9,147 | 8,566 | 0 | +0,107 | –0,107 | –0,214 | 0 | 0 | +0,282 | –0,214 | 0 |
| G 1/4 | 19 | 1,337 | 0,856 | 13,157 | 12,301 | 11,445 | 0 | +0,125 | –0,125 | –0,250 | 0 | 0 | +0,445 | –0,250 | 0 |
| G 3/8 | 19 | 1,337 | 0,856 | 16,662 | 15,806 | 14,950 | 0 | +0,125 | –0,125 | –0,250 | 0 | 0 | +0,445 | –0,250 | 0 |
| G 1/2 | 14 | 1,814 | 1,162 | 20,955 | 19,793 | 18,631 | 0 | +0,142 | –0,142 | –0,284 | 0 | 0 | +0,541 | –0,284 | 0 |
| G 5/8 | 14 | 1,814 | 1,162 | 22,911 | 21,749 | 20,587 | 0 | +0,142 | –0,142 | –0,284 | 0 | 0 | +0,541 | –0,284 | 0 |
| G 3/4 | 14 | 1,814 | 1,162 | 26,441 | 25,279 | 24,117 | 0 | +0,142 | –0,142 | –0,284 | 0 | 0 | +0,541 | –0,284 | 0 |
| G 7/8 | 14 | 1,814 | 1,162 | 30,201 | 29,039 | 27,877 | 0 | +0,142 | –0,142 | –0,284 | 0 | 0 | +0,541 | –0,284 | 0 |
| G 1" | 11 | 2,309 | 1,479 | 33,249 | 31,770 | 30,291 | 0 | +0,180 | –0,180 | –0,360 | 0 | 0 | +0,640 | –0,360 | 0 |
| G 1 1/8 | 11 | 2,309 | 1,479 | 37,897 | 36,418 | 34,939 | 0 | +0,180 | –0,180 | –0,360 | 0 | 0 | +0,640 | –0,360 | 0 |
| G 1 1/4 | 11 | 2,309 | 1,479 | 41,910 | 40,431 | 38,952 | 0 | +0,180 | –0,180 | –0,360 | 0 | 0 | +0,640 | –0,360 | 0 |
| G 1 1/2 | 11 | 2,309 | 1,479 | 47,803 | 46,324 | 44,845 | 0 | +0,180 | –0,180 | –0,360 | 0 | 0 | +0,640 | –0,360 | 0 |
| G 1 3/4 | 11 | 2,309 | 1,479 | 53,746 | 52,267 | 50,788 | 0 | +0,180 | –0,180 | –0,360 | 0 | 0 | +0,640 | –0,360 | 0 |
| G 2" | 11 | 2,309 | 1,479 | 59,614 | 58,135 | 56,656 | 0 | +0,180 | –0,180 | –0,360 | 0 | 0 | +0,640 | –0,360 | 0 |
| G 2 1/4 | 11 | 2,309 | 1,479 | 65,710 | 64,231 | 62,752 | 0 | +0,217 | –0,217 | –0,434 | 0 | 0 | +0,640 | –0,434 | 0 |
| G 2 1/2 | 11 | 2,309 | 1,479 | 75,184 | 73,705 | 72,226 | 0 | +0,217 | –0,217 | –0,434 | 0 | 0 | +0,640 | –0,434 | 0 |
| G 2 3/4 | 11 | 2,309 | 1,479 | 81,534 | 80,055 | 78,576 | 0 | +0,217 | –0,217 | –0,434 | 0 | 0 | +0,640 | –0,434 | 0 |
| G 3" | 11 | 2,309 | 1,479 | 87,884 | 86,405 | 84,926 | 0 | +0,217 | –0,217 | –0,434 | 0 | 0 | +0,640 | –0,434 | 0 |
| G 3 1/2 | 11 | 2,309 | 1,479 | 100,330 | 98,851 | 97,372 | 0 | +0,217 | –0,217 | –0,434 | 0 | 0 | +0,640 | –0,434 | 0 |
| G 4" | 11 | 2,309 | 1,479 | 113,030 | 111,551 | 110,072 | 0 | +0,217 | –0,217 | –0,434 | 0 | 0 | +0,640 | –0,434 | 0 |
| G 4 1/2 | 11 | 2,309 | 1,479 | 125,730 | 124,251 | 122,772 | 0 | +0,217 | –0,217 | –0,434 | 0 | 0 | +0,640 | –0,434 | 0 |
| G 5" | 11 | 2,309 | 1,479 | 138,430 | 136,951 | 135,472 | 0 | +0,217 | –0,217 | –0,434 | 0 | 0 | +0,640 | –0,434 | 0 |
| G 5 1/2 | 11 | 2,309 | 1,479 | 151,130 | 149,651 | 148,172 | 0 | +0,217 | –0,217 | –0,434 | 0 | 0 | +0,640 | –0,434 | 0 |
| G 6" | 11 | 2,309 | 1,479 | 163,830 | 162,351 | 160,872 | 0 | +0,217 | –0,217 | –0,434 | 0 | 0 | +0,640 | –0,434 | 0 |

[1] Bei dünnwandigen Teilen muss zur Beurteilung der Maßhaltigkeit derjenige Flankendurchmesser zugrunde gelegt werden, der sich als arithmetisches Mittel aus zwei um 90° versetzten Durchmessermessungen ergibt.

Maße in mm

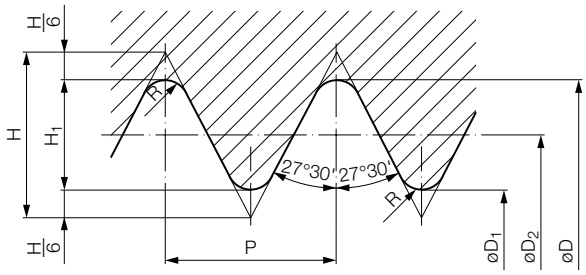
## 15.5 Rohrgewinde für Gewinderohre und Fittings, Nennmaße (Auszug aus DIN EN 10226-1 und DIN EN 10226-2 früher DIN 2999)

### Zylindrisches Innengewinde und kegeliges Innen- und Außengewinde, Gewindemaße

### Geltungsbereich und Anwendung

Diese Norm gilt für Verbindungen von zylindrischen Innengewinden an Armaturen, Fittings, Gewindeflaschen usw. mit kegeligen Außengewinden. Wenn nötig, darf ein geeignetes Dichtmittel im Gewinde verwendet werden, um eine dichte Verbindung sicherzustellen. Die Gewindemaße nach DIN EN 10226 stimmen mit der internationalen Norm ISO 7/1 überein. Für die Gewindepaarung ist ein spezielles Lehrensystem nach DIN EN 10226-3 genormt. Rohrgewinde nach ISO 7/1 siehe **Kapitel 15.6**.

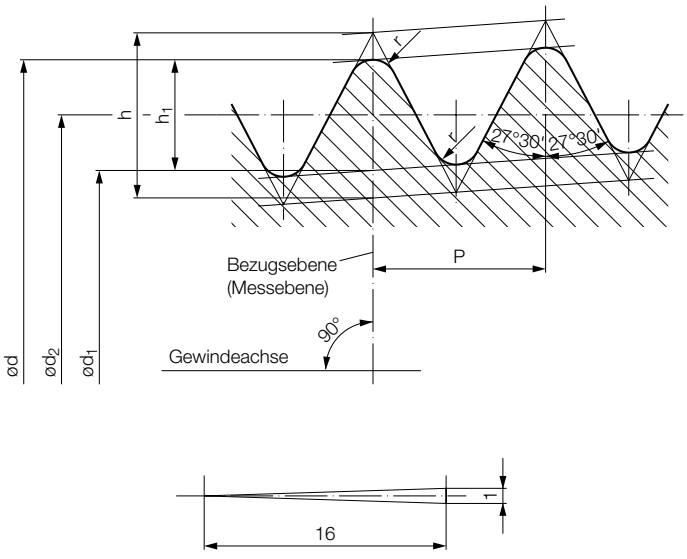
**Zylindrisches Innengewinde (Kurzzeichen Rp)**



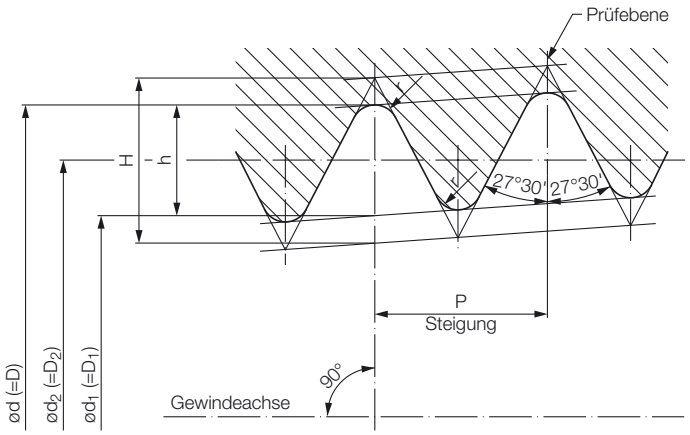

$P = \frac{25{,}4}{Z}$ $H = 0{,}960491\ P$ $H_1 = 0{,}640327\ P$ $R = 0{,}137329\ P$

Das Profil des zylindrischen Innengewindes stimmt mit dem nach DIN EN ISO 228-1 überein. Für das Rp-Gewinde sind jedoch andere Gewindebohrer wie für DIN EN ISO 228 erforderlich.

**Kegeliges Außengewinde (Kurzzeichen R)**



## Kegeliges Innengewinde (Kurzzeichen Rc)




Bezeichnungsbeispiel eines kegeligen Whitworth-Rohraußengewindes mit dem Kurzzeichen R 1/2:

Rohrgewinde DIN EN 10226 – R 1/2 (kegelig)

Bezeichnungsbeispiel eines Whitworth-Rohrinnengewindes mit dem Kurzzeichen:

Rohrgewinde DIN EN 10226 – Rp 1/2 (zylindrisch)
Rohrgewinde DIN EN 10226 – Rc 1/2 (kegelig)

### Maße

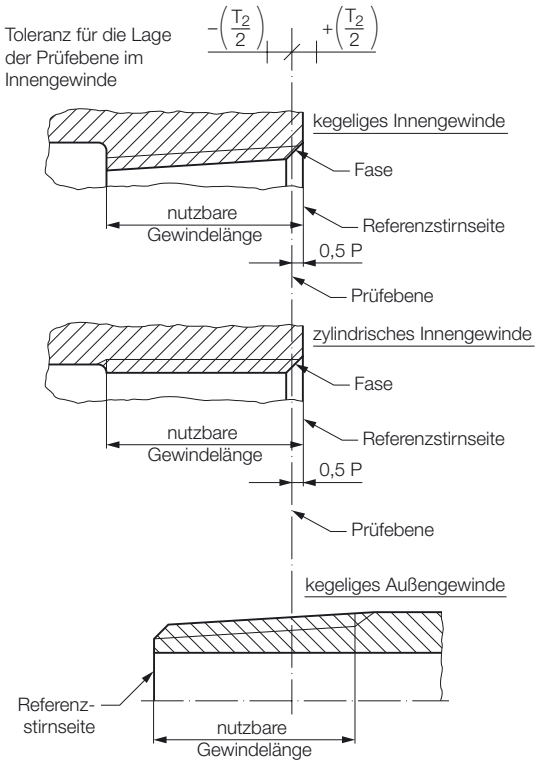
| Gewinde-Nenngröße | Anzahl der Teilungen auf 25,4 mm | Steigung | Profilhöhe | Durchmesser in der Prüfebene | | | Prüflänge (Außengewinde) | | | | | Mittlerer Einschraubbereich | | Nutzbare Länge des Außengewindes nicht kleiner als | | | Tol. für die Lage der Prüfebene beim Innengew. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Außendurchmesser (Prüfdurchm.) | Flankendurchmesser | Kerndurchmesser | Nennmaß | Grenzabmaße $\pm T_1/2$ | | | | | | | | | Grenzabmaße $\pm T_2/2$ | | Lage der Grenzabmaße[a] |
| | | | | | | | | b) | Gewindeumdrehungen | Höchstmaß | Mindestmaß | b) | Gewindeumdrehungen | für Nennprüflänge | für max. Prüflänge | für min. Prüflänge | b) | Gewindeumdrehungen | für den Durchm. des zyl. Innengew. |
| | | P | h | d = D | $d_2 = D_2$ | $d_1 = D_1$ | | | | | | | | | | | | | |
| 1/16 | 28 | 0,907 | 0,581 | 7,723 | 7,142 | 6,561 | 4 | 0,9 | 1 | 4,9 | 3,1 | 2,5 | 2 3/4 | 6,5 | 7,4 | 5,6 | 1,1 | 1 1/4 | ±0,071 |
| 1/8 | 28 | 0,907 | 0,581 | 9,728 | 9,147 | 8,566 | 4 | 0,9 | 1 | 4,9 | 3,1 | 2,5 | 2 3/4 | 6,5 | 7,4 | 5,6 | 1,1 | 1 1/4 | ±0,071 |
| 1/4 | 19 | 1,337 | 0,856 | 13,157 | 12,301 | 11,445 | 6 | 1,3 | 1 | 7,3 | 4,7 | 3,7 | 2 3/4 | 9,7 | 11 | 8,4 | 1,7 | 1 1/4 | ±0,104 |
| 3/8 | 19 | 1,337 | 0,856 | 16,662 | 15,806 | 14,950 | 6,4 | 1,3 | 1 | 7,7 | 5,1 | 3,7 | 2 3/4 | 10,1 | 11,4 | 8,8 | 1,7 | 1 1/4 | ±0,104 |
| 1/2 | 14 | 1,814 | 1,162 | 20,955 | 19,793 | 18,631 | 8,2 | 1,8 | 1 | 10,0 | 6,4 | 5,0 | 2 3/4 | 13,2 | 15 | 11,4 | 2,3 | 1 1/4 | ±0,142 |
| 3/4 | 14 | 1,814 | 1,162 | 26,441 | 25,279 | 24,117 | 9,5 | 1,8 | 1 | 11,3 | 7,7 | 5,0 | 2 3/4 | 14,5 | 16,3 | 12,7 | 2,3 | 1 1/4 | ±0,142 |
| 1" | 11 | 2,309 | 1,479 | 33,249 | 31,770 | 30,291 | 10,4 | 2,3 | 1 | 12,7 | 8,1 | 6,4 | 2 3/4 | 16,8 | 19,1 | 14,5 | 2,9 | 1 1/4 | ±0,180 |
| 1 1/4 | 11 | 2,309 | 1,479 | 41,910 | 40,431 | 38,952 | 12,7 | 2,3 | 1 | 15,0 | 10,4 | 6,4 | 2 3/4 | 19,1 | 21,4 | 16,8 | 2,9 | 1 1/4 | ±0,180 |
| 1 1/2 | 11 | 2,309 | 1,479 | 47,803 | 46,324 | 44,845 | 12,7 | 2,3 | 1 | 15,0 | 10,4 | 6,4 | 2 3/4 | 19,1 | 21,4 | 16,8 | 2,9 | 1 1/4 | ±0,180 |
| 2" | 11 | 2,309 | 1,479 | 59,614 | 58,135 | 56,656 | 15,9 | 2,3 | 1 | 18,2 | 13,6 | 7,5 | 3 1/4 | 23,4 | 25,7 | 21,1 | 2,9 | 1 1/4 | ±0,180 |
| 2 1/2 | 11 | 2,309 | 1,479 | 75,184 | 73,705 | 72,226 | 17,5 | 3,5 | 1 1/2 | 21,0 | 14,0 | 9,2 | 4 | 26,7 | 30,2 | 23,2 | 3,5 | 1 1/2 | ±0,216 |
| 3" | 11 | 2,309 | 1,479 | 87,884 | 86,405 | 84,926 | 20,6 | 3,5 | 1 1/2 | 24,1 | 17,1 | 9,5 | 4 | 29,8 | 33,3 | 26,3 | 3,5 | 1 1/2 | ±0,216 |
| 4" | 11 | 2,309 | 1,479 | 113,030 | 111,551 | 110,072 | 25,4 | 3,5 | 1 1/2 | 28,9 | 21,9 | 10,4 | 4 1/2 | 35,8 | 39,3 | 32,3 | 3,5 | 1 1/2 | ±0,216 |
| 5" | 11 | 2,309 | 1,479 | 138,430 | 136,951 | 135,472 | 28,6 | 3,5 | 1 1/2 | 32,1 | 25,1 | 11,5 | 5 | 40,1 | 43,6 | 36,6 | 3,5 | 1 1/2 | ±0,216 |
| 6" | 11 | 2,309 | 1,479 | 163,830 | 162,351 | 160,872 | 28,6 | 3,5 | 1 1/2 | 32,1 | 25,1 | 11,5 | 5 | 40,1 | 43,6 | 36,6 | 3,5 | 1 1/2 | ±0,216 |

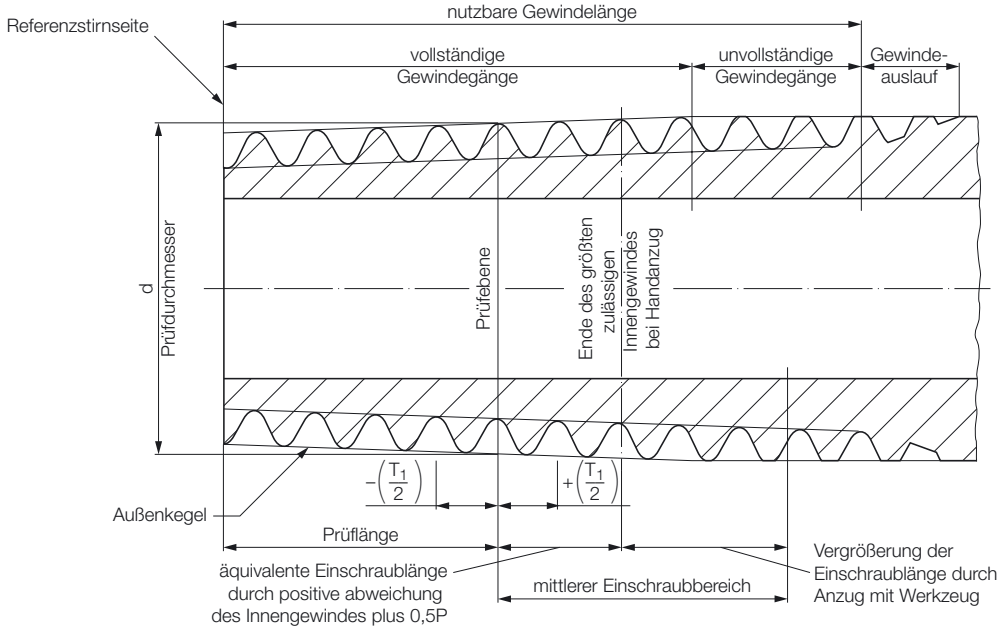
Maße in mm

a) Für Teile mit zylindrischen Innengewinden sind die Grenzabmaße für die Durchmesser von den Grenzabmaßen der Spalte „Tol. für die Lage der Prüfebene beim Innengew. – Grenzabmaße $\pm T_2/2$ – Gewindeumdrehungen“ durch Multiplikation mit der zugehörigen Steigung P und dem Kegelverhältnis 1/16 berechnet.

b) Die Grenzabmaße in Millimeter sind durch Multiplikation der Umdrehungen mit der zugehörigen Steigung P berechnet und auf nächstliegende Werte mit dem Stufensprung 0,1 mm gerundet.

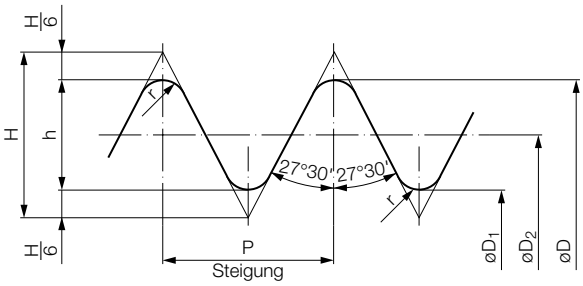
## Gewindelängen und Grenzmaße



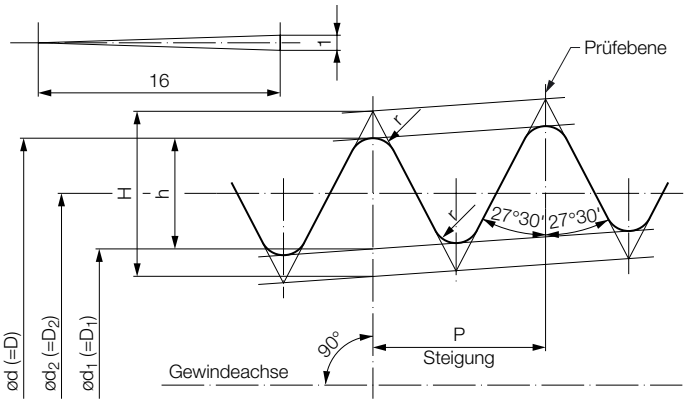




Anmerkung: Die DIN 2999 ist durch die DIN EN 10226 ersetzt, welche an die ISO 7 angepasst ist. Die Änderungen betreffen insbesondere das Lehrensystem. Es ändert sich die Lage der Prüfebene für das Innengewinde um 0,5 P, damit die Anfasung berücksichtigt wird.

## 15.6 Rohrgewinde für im Gewinde dichtende Verbindungen (Auszug aus ISO 7)




**Zylindrisches Gewinde**

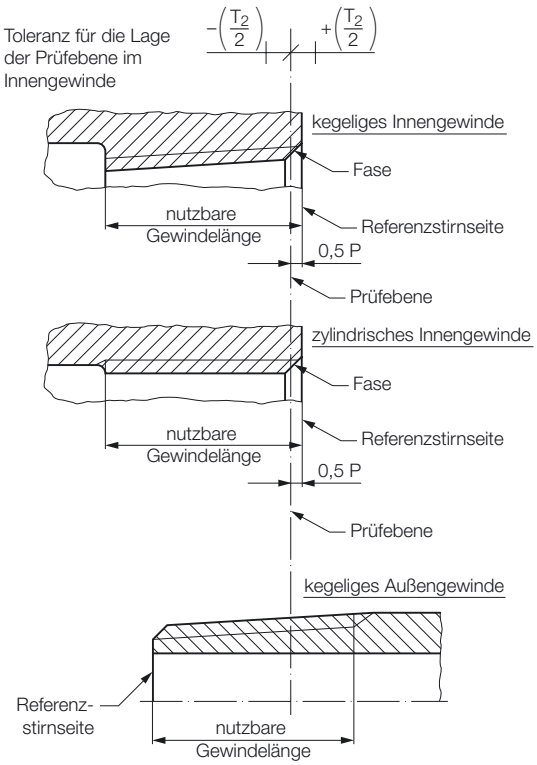



**Kegeliges Gewinde**

Bezeichnungsbeispiele:

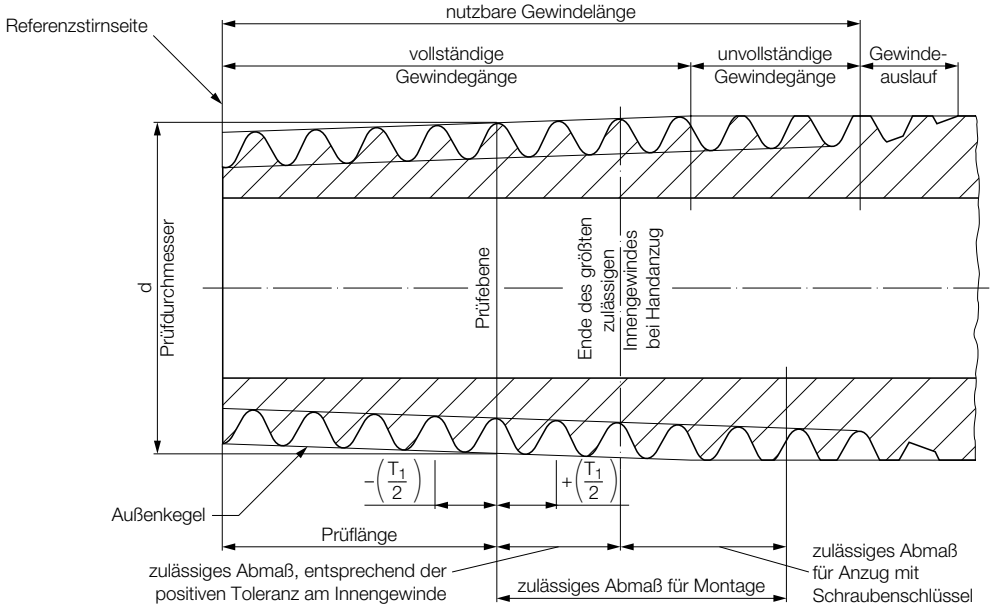
| | | |
|---|---|---|
| Innengewinde | zylindrisch | Rohrgewinde ISO 7 – Rp 1 1/2 |
| | kegelig | Rohrgewinde ISO 7 – Rc 1 1/2 |
| Außengewinde | kegelig | Rohrgewinde ISO 7 – R 1 1/2 |

Anmerkung: Das kegelige Rohrgewinde nach ISO 7/1 ist auch in DIN EN 10226-2 genormt. Für das neue Lehrensystem nach ISO 7/1 gibt es die DIN EN 10226-3.




**Nutzbare Gewindelänge, Lage der Prüfebene und Referenzstirnseite beim Innen- und Außengewinde**

## Nennmaße, Gewindelängen und Toleranzen




**Technische Spezifikationen für Außengewinde**

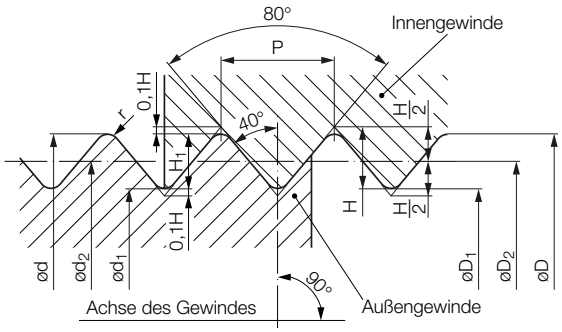
| Gewinde-Nenngröße | Anzahl der Teilungen auf 25,4 mm | Steigung P | Profilhöhe h | Durchmesser auf Prüfebene: Außendurchmesser (Prüfdurchm.) d | Flankendurchmesser $d_2$ | Kerndurchmesser $d_1$ | Prüflänge (Außengewinde): Nennmaß | Toleranz $\pm T_1/2$ [2] | Gewindeumdreh. | max. | min. | Toleranz für die Position der Prüfebene am Innengewinde, Toleranz $\pm T_2/2$ [2] | Gewindeumdrehungen | Länge des nutzbaren Außengewindes nicht weniger als: für Nennprüflänge | für max. Prüflänge | für min. Prüflänge | Zulässiges Abmaß für Montage [2] | Gewindeumdreh. | Durchmessertoleranz [1] am zylindrischen Innengewinde |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1/16 | 28 | 0,907 | 0,581 | 7,723 | 7,142 | 6,561 | 4 | 0,9 | 1 | 4,9 | 3,1 | 1,1 | 1 1/4 | 6,5 | 7,4 | 5,6 | 2,5 | 2 3/4 | ±0,071 |
| 1/8 | 28 | 0,907 | 0,581 | 9,728 | 9,147 | 8,566 | 4 | 0,9 | 1 | 4,9 | 3,1 | 1,1 | 1 1/4 | 6,5 | 7,4 | 5,6 | 2,5 | 2 3/4 | ±0,071 |
| 1/4 | 19 | 1,337 | 0,856 | 13,157 | 12,301 | 11,445 | 6 | 1,3 | 1 | 7,3 | 4,7 | 1,7 | 1 1/4 | 9,7 | 11 | 8,4 | 3,7 | 2 3/4 | ±0,104 |
| 3/8 | 19 | 1,337 | 0,856 | 16,662 | 15,806 | 14,950 | 6,4 | 1,3 | 1 | 7,7 | 5,1 | 1,7 | 1 1/4 | 10,1 | 11,4 | 8,8 | 3,7 | 2 3/4 | ±0,104 |
| 1/2 | 14 | 1,814 | 1,162 | 20,955 | 19,793 | 18,631 | 8,2 | 1,8 | 1 | 10,0 | 6,4 | 2,3 | 1 1/4 | 13,2 | 15 | 11,4 | 5,0 | 2 3/4 | ±0,142 |
| 3/4 | 14 | 1,814 | 1,162 | 26,441 | 25,279 | 24,117 | 9,5 | 1,8 | 1 | 11,3 | 7,7 | 2,3 | 1 1/4 | 14,5 | 16,3 | 12,7 | 5,0 | 2 3/4 | ±0,142 |
| 1" | 11 | 2,309 | 1,479 | 33,249 | 31,770 | 30,291 | 10,4 | 2,3 | 1 | 12,7 | 8,1 | 2,9 | 1 1/4 | 16,8 | 19,1 | 14,5 | 6,4 | 2 3/4 | ±0,180 |
| 1 1/4 | 11 | 2,309 | 1,479 | 41,910 | 40,431 | 38,952 | 12,7 | 2,3 | 1 | 15,0 | 10,4 | 2,9 | 1 1/4 | 19,1 | 21,4 | 16,8 | 6,4 | 2 3/4 | ±0,180 |
| 1 1/2 | 11 | 2,309 | 1,479 | 47,803 | 46,324 | 44,845 | 12,7 | 2,3 | 1 | 15,0 | 10,4 | 2,9 | 1 1/4 | 19,1 | 21,4 | 16,8 | 6,4 | 2 3/4 | ±0,180 |
| 2" | 11 | 2,309 | 1,479 | 59,614 | 58,135 | 56,656 | 15,9 | 2,3 | 1 | 18,2 | 13,6 | 2,9 | 1 1/4 | 23,4 | 25,7 | 21,1 | 7,5 | 3 1/4 | ±0,180 |
| 2 1/2 | 11 | 2,309 | 1,479 | 75,184 | 73,705 | 72,226 | 17,5 | 3,5 | 1 1/2 | 21,0 | 14,0 | 3,5 | 1 1/2 | 26,7 | 30,2 | 23,2 | 9,2 | 4 | ±0,216 |
| 3" | 11 | 2,309 | 1,479 | 87,884 | 86,405 | 84,926 | 20,6 | 3,5 | 1 1/2 | 24,1 | 17,1 | 3,5 | 1 1/2 | 29,8 | 33,3 | 26,3 | 9,2 | 4 | ±0,216 |
| 4" | 11 | 2,309 | 1,479 | 113,030 | 111,551 | 110,072 | 25,4 | 3,5 | 1 1/2 | 28,9 | 21,9 | 3,5 | 1 1/2 | 35,8 | 39,3 | 32,3 | 10,4 | 4 1/2 | ±0,216 |
| 5" | 11 | 2,309 | 1,479 | 138,430 | 136,951 | 135,472 | 28,6 | 3,5 | 1 1/2 | 32,1 | 25,1 | 3,5 | 1 1/2 | 40,1 | 43,6 | 36,6 | 11,5 | 5 | ±0,216 |
| 6" | 11 | 2,309 | 1,479 | 163,830 | 162,351 | 160,872 | 28,6 | 3,5 | 1 1/2 | 32,1 | 25,1 | 3,5 | 1 1/2 | 40,1 | 43,6 | 36,6 | 11,5 | 5 | ±0,216 |

Maße in mm

[1] Für zylindrische Innengewinde wurden die Durchmessertoleranzen von den in Spalte „Toleranz für die Position der Prüfebene am Innengewinde – Toleranz $\pm T_2/2$ – Gewindeumdrehungen“ angegebenen Toleranzen durch Multiplikation mit der entsprechenden Steigung P und 1/16, dem Kegelwinkel, hergeleitet.

[2] Nur informative Toleranzen in mm, wurden von den zwingend vorgeschriebenen Werten in Gewindeumdrehungen durch Multiplikation mit der entsprechenden Steigung P und Rundung auf den nächsten 0,1 mm-Wert ermittelt.

## 15.7 Stahlpanzerrohr-Gewinde (Auszug aus DIN 40430)




$P = \frac{25,4}{z}$

$H = 0,595875\ P$

$H_1 = 0,8\ H = 0,4767\ P$

$r = 0,107\ P$

Bezeichnung eines Stahlpanzerrohr-Gewindes Pg 21:

Gewinde Pg 21 DIN 40430

### Grenzmaße

| Kurz-zeichen | Stei-gung | Gang-zahl auf 1 inch | Gewin-detiefe | Run-dung | Außengewinde (Rohr) | | | | | | Innengewinde (Muffe) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Außen-durchmesser | | Flanken-durchmesser | | Kern-durchmesser | | Außen-durchmesser | | Flanken-durchmesser | | Kern-durchmesser | |
| | P | z | $H_1$ | r | d | | $d_2$ | | $d_1$ | | D | | $D_2$ | | $D_1$ | |
| | | | | | Größt-maß | Kleinst-maß | Größt-maß | Kleinst-maß | Größt-maß | Kleinst-maß | Kleinst-maß | Größt-maß | Kleinst-maß | Größt-maß | Kleinst-maß | Größt-maß |
| Pg 7 | 1,27 | 20 | 0,61 | 0,14 | 12,5 | 12,3 | 11,89 | 11,69 | 11,28 | 11,08 | 12,5 | 12,65 | 11,89 | 12,04 | 11,28 | 11,43 |
| Pg 9 | 1,41 | 18 | 0,67 | 0,15 | 15,2 | 15 | 14,53 | 14,33 | 13,86 | 13,66 | 15,2 | 15,35 | 14,53 | 14,68 | 13,86 | 14,01 |
| Pg 11 | 1,41 | 18 | 0,67 | 0,15 | 18,6 | 18,4 | 17,93 | 17,73 | 17,26 | 17,06 | 18,6 | 18,75 | 17,93 | 18,08 | 17,26 | 17,41 |
| Pg 13,5 | 1,41 | 18 | 0,67 | 0,15 | 20,4 | 20,2 | 19,73 | 19,53 | 19,06 | 18,86 | 20,4 | 20,55 | 19,73 | 19,88 | 19,06 | 19,21 |
| Pg 16 | 1,41 | 18 | 0,67 | 0,15 | 22,5 | 22,3 | 21,83 | 21,63 | 21,16 | 20,96 | 22,5 | 22,65 | 21,83 | 21,98 | 21,16 | 21,31 |
| Pg 21 | 1,588 | 16 | 0,76 | 0,17 | 28,3 | 28 | 27,54 | 27,24 | 26,78 | 26,48 | 28,3 | 28,55 | 27,54 | 27,79 | 26,78 | 27,03 |
| Pg 29 | 1,588 | 16 | 0,76 | 0,17 | 37 | 36,7 | 36,24 | 35,94 | 35,48 | 35,18 | 37 | 37,25 | 36,24 | 36,49 | 35,48 | 35,73 |
| Pg 36 | 1,588 | 16 | 0,76 | 0,17 | 47 | 46,7 | 46,24 | 45,94 | 45,48 | 45,18 | 47 | 47,25 | 46,24 | 46,49 | 45,48 | 45,73 |
| Pg 42 | 1,588 | 16 | 0,76 | 0,17 | 54 | 53,7 | 53,24 | 52,94 | 52,48 | 52,18 | 54 | 54,25 | 53,24 | 53,49 | 52,48 | 52,73 |
| Pg 48 | 1,588 | 16 | 0,76 | 0,17 | 59,3 | 59 | 58,54 | 58,24 | 57,78 | 57,48 | 59,3 | 59,55 | 58,54 | 58,79 | 57,78 | 58,03 |

Maße in mm

Anmerkung: Das Pg-Gewinde wird durch Metrisches Feingewinde ersetzt. Die DIN 46255 (Verschraubungen mit Panzergewinde, Pg) ist ersetzt durch die DIN EN 50262 (Metrische Kabelverschraubungen für elektrische Installationen). Das hierfür anzuwendende Metrische Feingewinde ist in DIN EN 60423 genormt (siehe **Kapitel 15.8**).

## 15.8 Metrisches Gewinde für Kabelverschraubungen (Auszug aus DIN EN 60423)

### Außengewinde für Elektroinstallationsrohre und Einzelheiten der Gewinde für Elektroinstallationsrohre und deren Zubehör

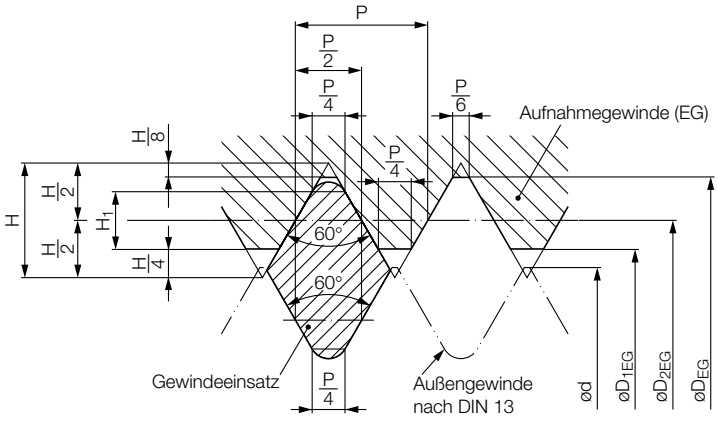
| Außendurchmesser für Elektroinstallationsrohre und Gewinde für Elektroinstallationsrohre | | | | Außengewinde | | | | | | Innengewinde | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Großer Durchmesser | | Effektiver Durchmesser | | Kleiner Durchmesser | | Großer Durchmesser | Effektiver Durchmesser | | Kleiner Durchmesser | |
| | | | | d | | $d_2$ | | $d_1$ | | D | $D_2$ | | $D_1$ | |
| Außendurchmesser | Metrisches Gewinde | Zubehörklasse | Steigung | max. | min. | max. | min. | max. | min. | min. | max. | min. | max. | min. |
| 6 +0/-0,1 | M 6 | 6g/6H | 0,75 | 5,978 | 5,838 | 5,491 | 5,391 | 5,058 | 4,929 | 6,000 | 5,645 | 5,513 | 5,378 | 5,188 |
| 8 +0/-0,2 | M 8 | 8g/7H | 1,00 | 7,974 | 7,694 | 7,324 | 7,144 | 6,747 | 6,528 | 8,000 | 7,540 | 7,350 | 7,217 | 6,917 |
| 10 +0/-0,2 | M 10 | 8g/7H | 1,00 | 9,974 | 9,694 | 9,324 | 9,144 | 8,747 | 8,528 | 10,000 | 9,540 | 9,350 | 9,217 | 8,917 |
| 12 +0/-0,3 | M 12 | 8g/7H | 1,50 | 11,968 | 11,593 | 10,994 | 10,770 | 10,128 | 9,846 | 12,000 | 11,262 | 11,026 | 10,751 | 10,376 |
| 16 +0/-0,3 | M 16 | 8g/7H | 1,50 | 15,968 | 15,593 | 14,994 | 14,770 | 14,128 | 13,846 | 16,000 | 15,262 | 15,026 | 14,751 | 14,376 |
| 20 +0/-0,3 | M 20 | 8g/7H | 1,50 | 19,968 | 19,593 | 18,994 | 18,770 | 18,128 | 17,846 | 20,000 | 19,262 | 19,026 | 18,751 | 18,376 |
| 25 +0/-0,4 | M 25 | 8g/7H | 1,50 | 24,968 | 24,593 | 23,994 | 23,758 | 23,128 | 22,834 | 25,000 | 24,276 | 24,026 | 23,751 | 23,376 |
| 32 +0/-0,4 | M 32 | 8g/7H | 1,50 | 31,968 | 31,593 | 30,994 | 30,758 | 30,128 | 29,834 | 32,000 | 31,276 | 31,026 | 30,751 | 30,376 |
| 40 +0/-0,4 | M 40 | 8g/7H | 1,50 | 39,968 | 39,593 | 38,994 | 38,758 | 38,128 | 37,834 | 40,000 | 39,276 | 39,026 | 38,751 | 38,376 |
| 50 +0/-0,5 | M 50 | 8g/7H | 1,50 | 49,968 | 49,593 | 48,994 | 48,744 | 48,128 | 47,820 | 50,000 | 49,291 | 49,026 | 48,751 | 48,376 |
| 63 +0/-0,6 | M 63 | 8g/7H | 1,50 | 62,968 | 62,593 | 61,994 | 61,744 | 61,128 | 60,820 | 63,000 | 62,291 | 62,026 | 61,751 | 61,376 |
| 75 +0/-0,6 | M 75 | 8g/7H | 1,50 | 74,968 | 74,593 | 73,994 | 73,744 | 73,128 | 72,820 | 75,000 | 74,291 | 74,026 | 73,751 | 73,376 |

Maße in mm

## 15.9 Metrisches ISO-Gewinde für Gewindedrahteinsätze (Auszug aus DIN 8140)

Das Aufnahmegewinde (EG) dient der Aufnahme des Gewindeeinsatzes.

Anmerkung: Das allgemein eingeführte Kurzzeichen EG ist abgeleitet von der Benennung Einsatzgewinde.




**Grundprofil des Aufnahmegewindes (EG) und Lage des Gewindeeinsatzes aus Draht**

| | | |
|---|---|---|
| d | Außendurchmesser des Außengewindes, Nenndurchmesser | |
| $D_{EG}$ | Außendurchmesser des Aufnahmegewindes (EG) | |
| $D_{1EG}$ | Kerndurchmesser des Aufnahmegewindes (EG) | |
| $D_{2EG}$ | Flankendurchmesser des Aufnahmegewindes (EG) | |
| H | Höhe des scharf ausgeschnittenen gedachten Profildreiecks | |
| | $H = \frac{\sqrt{3}}{2} P \approx 0{,}866\ P$ | |
| $H_1$ | Flankenüberdeckung | $= \frac{H}{2}$ |
| P | Steigung | |

## Gewindetoleranzen

Zur Kompensierung von Abweichungen bei der Paarung mit dem Gewindeeinsatz aus Draht sind für den Flankendurchmesser des Aufnahmegewindes (EG) kleinere Toleranzen festgelegt als in DIN 13-15. Das Innengewinde des eingebauten Gewindeeinsatzes muss jedoch immer die Toleranz 6H einhalten. Deshalb wird für das Aufnahmegewinde (EG) dasselbe Toleranzkurzzeichen verwendet wie für das Innengewinde des eingebauten Gewindeeinsatzes; es wird jedoch dem Toleranzkurzzeichen der Zusatz „mod“ angehängt, der auf die modifizierten Toleranzen hinweist.

## Toleranzfelder für Aufnahmegewinde (EG), Innengewinde und Außengewinde

| Gewinde | Toleranzfelder | |
|---|---|---|
| | Aufnahmegewinde (EG) blank | Aufnahmegewinde (EG) mit positivem Grundabmaß für galvanische Schutzschicht [1] |
| Aufnahmegewinde (EG) | 6H mod. | 6G mod. |
| Innengewinde bei eingebautem Gewindeeinsatz | 6H (nach DIN 13-14) | |
| empfohlenes Toleranzfeld für das Außengewinde | 6g (nach DIN 13-14) | |

[1] Das Aufnahmegewinde (EG) muss noch vor dem Einschrauben des Gewindeeinsatzes mit der galvanischen Schutzschicht versehen werden. Beim Mindestmaß des Aufnahmegewindes (EG) für den Flankendurchmesser ist die mögliche Schichtdicke gleich 1/4 des Grundabmaßes. Gewinde mit Oberflächenschutz (einschließlich Phosphatieren) dürfen an keiner Stelle die Maße für die Lage H (verkörpert durch die an der Abnutzungsgrenze liegenden Gewinde-Gutlehren) unterschreiten.

## Aufnahme-Regelgewinde (EG)

**Zu bevorzugende Gewinde; Gewindemaße und Toleranzen für Aufnahme-Regelgewinde (EG) mit dem Toleranzfeld 6H mod**

| Gewinde-kurzzeichen | Steigung | Außen-durchmesser | Flankendurchmesser | | | Kerndurchmesser | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | P | $D_{EG}$ min. | $D_{2\,EG}$ min. | $T_{D2\,EG}$ | $D_{2\,EG}$ max. | $D_{1\,EG}$ min. | $T_{D1\,EG}$ | $D_{1\,EG}$ max. |
| EG M 2 | 0,4 | 2,520 | 2,260 | 0,051 | 2,311 | 2,087 | 0,090 | 2,177 |
| EG M 2,5 | 0,45 | 3,084 | 2,792 | 0,055 | 2,847 | 2,597 | 0,100 | 2,697 |
| EG M 3 | 0,5 | 3,650 | 3,325 | 0,059 | 3,384 | 3,108 | 0,112 | 3,220 |
| EG M 4 | 0,7 | 4,910 | 4,455 | 0,074 | 4,529 | 4,152 | 0,140 | 4,292 |
| EG M 5 | 0,8 | 6,040 | 5,520 | 0,077 | 5,597 | 5,174 | 0,160 | 5,334 |
| EG M 6 | 1 | 7,300 | 6,650 | 0,092 | 6,742 | 6,217 | 0,190 | 6,407 |
| EG M 8 | 1,25 | 9,624 | 8,812 | 0,100 | 8,912 | 8,271 | 0,212 | 8,483 |
| EG M 10 | 1,5 | 11,948 | 10,974 | 0,115 | 11,089 | 10,324 | 0,236 | 10,560 |
| EG M 12 | 1,75 | 14,274 | 13,137 | 0,134 | 13,271 | 12,379 | 0,265 | 12,644 |
| EG M 16 | 2 | 18,598 | 17,299 | 0,145 | 17,444 | 16,433 | 0,300 | 16,733 |
| EG M 20 | 2,5 | 23,248 | 21,624 | 0,154 | 21,778 | 20,541 | 0,355 | 20,896 |
| EG M 24 | 3 | 27,897 | 25,948 | 0,187 | 26,135 | 24,649 | 0,400 | 25,049 |
| EG M 30 | 3,5 | 34,546 | 32,273 | 0,199 | 32,472 | 30,757 | 0,450 | 31,207 |
| EG M 36 | 4 | 41,196 | 38,598 | 0,211 | 38,809 | 36,866 | 0,475 | 37,341 |

Maße in mm

## Aufnahme-Feingewinde (EG)

**Zu bevorzugende Gewinde; Gewindemaße und Toleranzen für Aufnahme-Feingewinde (EG) mit dem Toleranzfeld 6H mod**

| Gewinde-kurzzeichen | Außen-durchmesser | Flankendurchmesser | | | Kerndurchmesser | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $D_{EG}$ min. | $D_{2\,EG}$ min. | $T_{D2\,EG}$ | $D_{2\,EG}$ max. | $D_{1\,EG}$ min. | $T_{D1\,EG}$ | $D_{1\,EG}$ max. |
| EG M 8 x 1 | 9,300 | 8,650 | 0,092 | 8,742 | 8,217 | 0,190 | 8,407 |
| EG M 10 x 1 | 11,300 | 10,650 | 0,092 | 10,742 | 10,217 | 0,190 | 10,407 |
| EG M 10 x 1,25 | 11,624 | 10,812 | 0,100 | 10,912 | 10,271 | 0,212 | 10,483 |
| EG M 12 x 1 | 13,300 | 12,650 | 0,100 | 12,750 | 12,217 | 0,190 | 12,407 |
| EG M 12 x 1,25 | 13,624 | 12,812 | 0,114 | 12,926 | 12,271 | 0,212 | 12,483 |
| EG M 12 x 1,5 | 13,948 | 12,974 | 0,125 | 13,099 | 12,324 | 0,236 | 12,560 |
| EG M 16 x 1,5 | 17,948 | 16,974 | 0,125 | 17,099 | 16,324 | 0,236 | 16,560 |
| EG M 20 x 1,5 | 21,948 | 20,974 | 0,125 | 21,099 | 20,234 | 0,236 | 20,560 |
| EG M 20 x 2 | 22,598 | 21,299 | 0,145 | 21,444 | 20,433 | 0,300 | 20,733 |
| EG M 24 x 1,5 | 25,948 | 24,974 | 0,135 | 25,109 | 24,324 | 0,236 | 24,560 |
| EG M 24 x 2 | 26,598 | 25,299 | 0,155 | 25,454 | 24,433 | 0,300 | 24,733 |
| EG M 30 x 1,5 | 31,948 | 30,974 | 0,135 | 31,109 | 30,324 | 0,236 | 30,560 |
| EG M 30 x 2 | 32,598 | 31,299 | 0,155 | 31,454 | 30,433 | 0,300 | 30,733 |
| EG M 36 x 2 | 38,598 | 37,299 | 0,155 | 37,454 | 36,433 | 0,300 | 36,733 |
| EG M 36 x 3 | 39,897 | 37,948 | 0,187 | 38,135 | 36,649 | 0,400 | 37,049 |

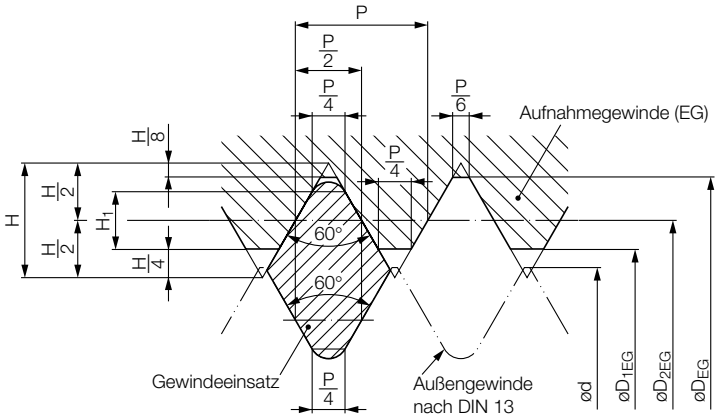
Maße in mm

Die Gewindemaße sind identisch mit BS 4377. Toleranz 4H wird meist in der Luftfahrt angewandt (SAE MA 1567). In der BS 4377 wird die 4H-Toleranz mit 5H bezeichnet. Toleranz 4H möglichst vermeiden.

## 15.10 Amerikanisches Unified-Gewinde für Gewindedrahteinsätze (Auszug aus ASME B18.29.1 und BS 3409)

Das Aufnahmegewinde (EG) dient der Aufnahme des Gewindeeinsatzes.

Anmerkung: Das allgemein eingeführte Kurzzeichen EG ist abgeleitet von der Benennung Einsatzgewinde.




**Grundprofil des Aufnahmegewindes (EG) und Lage des Gewindeeinsatzes aus Draht**

d Außendurchmesser des Außengewindes, Nenndurchmesser

$D_{EG}$ Außendurchmesser des Aufnahmegewindes (EG)

$D_{1EG}$ Kerndurchmesser des Aufnahmegewindes (EG)

$D_{2EG}$ Flankendurchmesser des Aufnahmegewindes (EG)

H Höhe des scharf ausgeschnittenen gedachten Profildreiecks

$$H = \frac{\sqrt{3}}{2} P \approx 0{,}866\,P$$

$H_1$ Flankenüberdeckung $= \frac{H}{2}$

P Steigung

## EG-Innengewinde – UNC

| Gewinde Bezeichnung d = D | Steigung P | Außen-durchmesser $D_{EG}$ min. | Flankendurchmesser $D_{2\,EG}$ min. | Flankendurchmesser $D_{2\,EG}$ 2B max. | Flankendurchmesser $D_{2\,EG}$ 3B max. | Kerndurchmesser $D_{1\,EG}$ min. | Kerndurchmesser $D_{1\,EG}$ max. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| EG Nr. 3 - 48 | 0,529 | 3,203 | 2,860 | 2,916 | 2,896 | 2,631 | 2,804 |
| EG Nr. 4 - 40 | 0,635 | 3,670 | 3,259 | 3,322 | 3,299 | 2,985 | 3,180 |
| EG Nr. 5 - 40 | 0,635 | 4,001 | 3,389 | 3,653 | 3,632 | 3,315 | 3,487 |
| EG Nr. 6 - 32 | 0,794 | 4,536 | 4,021 | 4,092 | 4,067 | 3,678 | 3,879 |
| EG Nr. 8 - 32 | 0,794 | 5,197 | 4,681 | 4,755 | 4,729 | 4,338 | 4,524 |
| EG Nr. 10 - 24 | 1,058 | 6,200 | 5,512 | 5,596 | 5,568 | 5,055 | 5,283 |
| EG Nr. 12 - 24 | 1,058 | 6,861 | 6,172 | 6,259 | 6,231 | 5,715 | 5,944 |
| EG 1/4 - 20 | 1,270 | 8,001 | 7,176 | 7,275 | 7,242 | 6,624 | 6,868 |
| EG 5/16 - 18 | 1,411 | 9,771 | 8,854 | 8,964 | 8,928 | 8,242 | 8,489 |
| EG 3/8 - 16 | 1,588 | 11,587 | 10,556 | 10,676 | 10,640 | 9,868 | 10,127 |
| EG 7/16 - 14 | 1,814 | 13,470 | 12,291 | 12,421 | 12,382 | 11,506 | 11,783 |
| EG 1/2 - 13 | 1,954 | 15,237 | 13,967 | 14,107 | 14,064 | 13,122 | 13,393 |
| EG 9/16 - 12 | 2,117 | 17,038 | 15,664 | 15,812 | 15,768 | 14,747 | 15,032 |
| EG 5/8 - 11 | 2,309 | 18,875 | 17,376 | 17,534 | 17,488 | 16,375 | 16,673 |
| EG 3/4 - 10 | 2,540 | 22,349 | 20,698 | 20,869 | 20,818 | 19,599 | 19,909 |
| EG 7/8 - 9 | 2,822 | 25,890 | 24,056 | 24,239 | 24,186 | 22,835 | 23,162 |
| EG 1" - 8 | 3,175 | 29,525 | 27,462 | 27,661 | 27,605 | 26,088 | 26,469 |

Maße in mm

## EG-Innengewinde – UNF

| Gewinde Bezeichnung d = D | Steigung P | Außen-durchmesser $D_{EG}$ min. | Flankendurchmesser $D_{2\,EG}$ min. | Flankendurchmesser $D_{2\,EG}$ 2B max. | Flankendurchmesser $D_{2\,EG}$ 3B max. | Kerndurchmesser $D_{1\,EG}$ min. | Kerndurchmesser $D_{1\,EG}$ max. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| EG Nr. 3 - 56 | 0,453 | 3,104 | 2,809 | 2,860 | 2,842 | 2,614 | 2,758 |
| EG Nr. 4 - 48 | 0,529 | 3,533 | 3,190 | 3,249 | 3,228 | 2,962 | 3,122 |
| EG Nr. 5 - 44 | 0,577 | 3,927 | 3,551 | 3,613 | 3,592 | 3,302 | 3,411 |
| EG Nr. 6 - 40 | 0,635 | 4,331 | 3,919 | 3,985 | 3,962 | 3,645 | 3,818 |
| EG Nr. 8 - 36 | 0,706 | 5,083 | 4,625 | 4,696 | 4,674 | 4,321 | 4,498 |
| EG Nr. 10 - 32 | 0,794 | 5,857 | 5,342 | 5,418 | 5,392 | 4,999 | 5,184 |
| EG Nr. 12 - 28 | 0,907 | 6,665 | 6,076 | 6,156 | 6,129 | 5,682 | 5,809 |
| EG 1/4 - 28 | 0,907 | 7,529 | 6,939 | 7,023 | 6,995 | 6,546 | 6,721 |
| EG 5/16 - 24 | 1,058 | 9,312 | 8,623 | 8,720 | 8,689 | 8,166 | 8,352 |
| EG 3/8 - 24 | 1,058 | 10,899 | 10,211 | 10,310 | 10,279 | 9,754 | 9,931 |
| EG 7/16 - 20 | 1,270 | 12,764 | 11,938 | 12,050 | 12,017 | 11,387 | 11,585 |
| EG 1/2 - 20 | 1,270 | 14,351 | 13,526 | 13,642 | 13,607 | 12,974 | 13,172 |
| EG 9/16 - 18 | 1,411 | 16,121 | 15,204 | 15,329 | 15,291 | 14,592 | 14,798 |
| EG 5/8 - 18 | 1,411 | 17,709 | 16,792 | 16,919 | 16,881 | 16,180 | 16,386 |
| EG 3/4 - 16 | 1,588 | 21,112 | 20,081 | 20,221 | 20,180 | 19,393 | 19,609 |
| EG 7/8 - 14 | 1,814 | 24,582 | 23,404 | 23,556 | 23,513 | 22,619 | 22,845 |
| EG 1" - 12 | 2,117 | 28,151 | 26,777 | 26,944 | 26,896 | 25,860 | 26,114 |

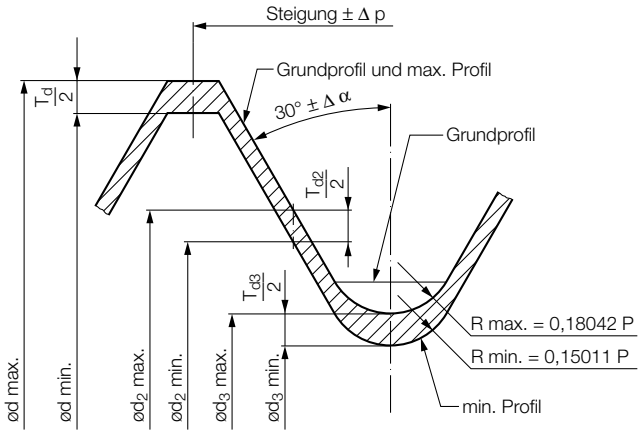
Maße in mm

## 15.11 MJ-Gewinde für die Luft- und Raumfahrt (Auszug aus DIN ISO 5855)

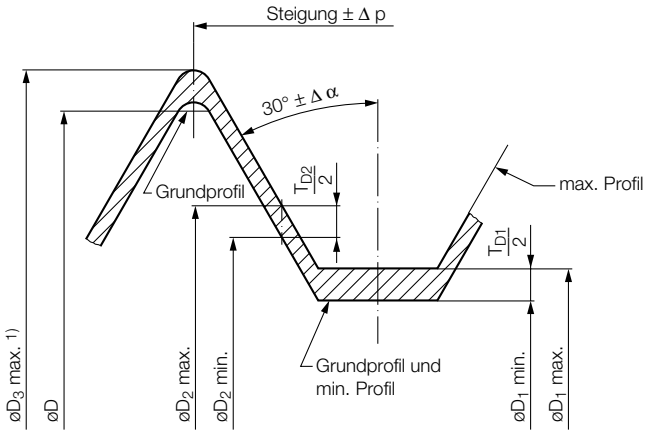
Das MJ-Gewinde unterscheidet sich vom M-Gewinde nach ISO 68 durch die Vergrößerung des Radius am Gewindegrund des Außengewindes. Die Toleranzen und Abmaße entsprechen ISO 965-1.

### Toleranzfelder

| Außengewinde | | Innengewinde | |
|---|---|---|---|
| d | 6h | $D_1$ | 6H für Nenndurchmesser < 5 mm<br>5H für Nenndurchmesser > 6 mm |
| $d_2$ | 4h | $D_2$ | 4H |




**Grenzprofile des Außengewindes**




**Grenzprofile des Innengewindes**

1) Die Form des Übergangs zwischen dem Gewindegrund (entsprechend Durchmesser $D_3$) und den Gewindeflanken ist beliebig. In der Regel ist der Gewindegrund oberhalb des Nenndurchmessers gerundet. Der Radius ist nicht festgelegt.

## Grenzmaße für Gewinde 4h6h für Schrauben

| Gewinde-bezeichnung | Außendurchmesser d | | | Flankendurchmesser $d_2$ | | | Kerndurchmesser $d_3$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | max. | min. | $T_d$ (6h) [1] | max. | min. | $T_{d2}$ (4h) [1] | max. | min. | $T_{d3}$ |
| MJ 1,6 x 0,35 - 4h6h | 1,600 | 1,515 | 0,085 | 1,373 | 1,333 | 0,040 | 1,196 | 1,135 | 0,061 |
| MJ 2 x 0,4 - 4h6h | 2,000 | 1,905 | 0,095 | 1,740 | 1,698 | 0,042 | 1,538 | 1,472 | 0,066 |
| MJ 2,5 x 0,45 - 4h6h | 2,500 | 2,400 | 0,100 | 2,208 | 2,163 | 0,045 | 1,980 | 1,908 | 0,072 |
| MJ 3 x 0,5 - 4h6h | 3,000 | 2,894 | 0,106 | 2,675 | 2,627 | 0,048 | 2,423 | 2,345 | 0,078 |
| MJ 3,5 x 0,6 - 4h6h | 3,500 | 3,375 | 0,125 | 3,110 | 3,057 | 0,053 | 2,807 | 2,718 | 0,089 |
| MJ 4 x 0,7 - 4h6h | 4,000 | 3,860 | 0,140 | 3,545 | 3,489 | 0,056 | 3,192 | 3,094 | 0,098 |
| MJ 5 x 0,8 - 4h6h | 5,000 | 4,850 | 0,150 | 4,480 | 4,420 | 0,060 | 4,076 | 3,968 | 0,108 |
| MJ 6 x 1 - 4h6h | 6,000 | 5,820 | 0,180 | 5,350 | 5,279 | 0,071 | 4,845 | 4,713 | 0,132 |
| MJ 7 x 1 - 4h6h | 7,000 | 6,820 | 0,180 | 6,350 | 6,279 | 0,071 | 5,845 | 5,713 | 0,132 |
| MJ 8 x 1 - 4h6h | 8,000 | 7,820 | 0,180 | 7,350 | 7,279 | 0,071 | 6,845 | 6,713 | 0,132 |
| MJ 10 x 1,25 - 4h6h | 10,000 | 9,788 | 0,212 | 9,188 | 9,113 | 0,075 | 8,557 | 8,406 | 0,151 |
| MJ 12 x 1,25 - 4h6h | 12,000 | 11,788 | 0,212 | 11,188 | 11,103 | 0,085 | 10,557 | 10,396 | 0,161 |
| MJ 14 x 1,5 - 4h6h | 14,000 | 13,764 | 0,236 | 13,026 | 12,936 | 0,090 | 12,268 | 12,087 | 0,181 |
| MJ 16 x 1,5 - 4h6h | 16,000 | 15,764 | 0,236 | 15,026 | 14,936 | 0,090 | 14,268 | 14,087 | 0,181 |
| MJ 18 x 1,5 - 4h6h | 18,000 | 17,764 | 0,236 | 17,026 | 16,936 | 0,090 | 16,268 | 16,087 | 0,181 |
| MJ 20 x 1,5 - 4h6h | 20,000 | 19,764 | 0,236 | 19,026 | 18,936 | 0,090 | 18,268 | 18,087 | 0,181 |
| MJ 22 x 1,5 - 4h6h | 22,000 | 21,764 | 0,236 | 21,026 | 20,936 | 0,090 | 20,268 | 20,087 | 0,181 |
| MJ 24 x 2 - 4h6h | 24,000 | 23,720 | 0,280 | 22,701 | 22,595 | 0,106 | 21,691 | 21,464 | 0,227 |
| MJ 27 x 2 - 4h6h | 27,000 | 26,720 | 0,280 | 25,701 | 25,595 | 0,106 | 24,691 | 24,464 | 0,227 |
| MJ 30 x 2 - 4h6h | 30,000 | 29,720 | 0,280 | 28,701 | 28,595 | 0,106 | 27,691 | 27,464 | 0,227 |
| MJ 33 x 2 - 4h6h | 33,000 | 32,720 | 0,280 | 31,701 | 31,595 | 0,106 | 30,691 | 30,464 | 0,227 |
| MJ 36 x 2 - 4h6h | 36,000 | 35,720 | 0,280 | 34,701 | 34,595 | 0,106 | 33,691 | 33,464 | 0,227 |
| MJ 39 x 2 - 4h6h | 39,000 | 38,720 | 0,280 | 37,701 | 37,595 | 0,106 | 36,691 | 36,464 | 0,227 |

Maße in mm

## Grenzmaße für Gewinde 4H6H für Innengewinde-Durchmesser MJ1,6 bis MJ5 und Grenzmaße für Gewinde 4H5H für Innengewinde-Durchmesser MJ6 bis MJ39

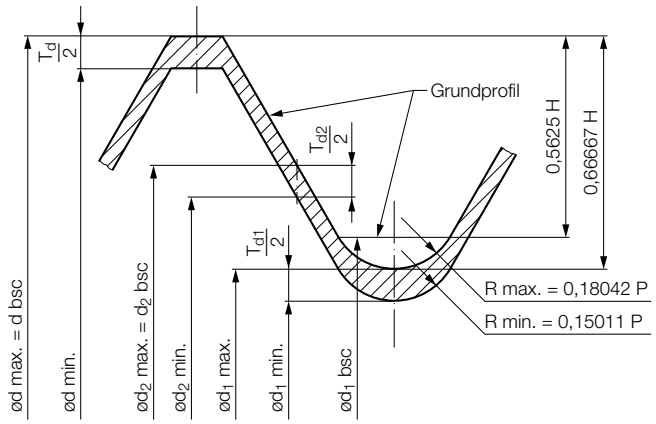
| Gewinde-bezeichnung | Außendurchmesser $D_3$ [2] | Flankendurchmesser $D_2$ | | | Kerndurchmesser $D_1$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | max. | max. | min. | $T_{D2}$ (4H) [1] | max. | min. | $T_{D1}$ (6H) [1] | $T_{D1}$ (5H) [1] |
| MJ 1,6 x 0,35 - 4H6H | 1,704 | 1,426 | 1,373 | 0,053 | 1,359 | 1,259 | 0,100 | |
| MJ 2 x 0,4 - 4H6H | 2,114 | 1,796 | 1,740 | 0,056 | 1,722 | 1,610 | 0,112 | |
| MJ 2,5 x 0,45 - 4H6H | 2,625 | 2,268 | 2,208 | 0,060 | 2,187 | 2,062 | 0,125 | |
| MJ 3 x 0,5 - 4H6H | 3,135 | 2,738 | 2,675 | 0,063 | 2,653 | 2,513 | 0,140 | |
| MJ 3,5 x 0,6 - 4H6H | 3,658 | 3,181 | 3,110 | 0,071 | 3,075 | 2,915 | 0,160 | |
| MJ 4 x 0,7 - 4H6H | 4,176 | 3,620 | 3,545 | 0,075 | 3,498 | 3,318 | 0,180 | |
| MJ 5 x 0,8 - 4H6H | 5,195 | 4,560 | 4,480 | 0,080 | 4,421 | 4,221 | 0,200 | |
| MJ 6 x 1 - 4H5H | 6,239 | 5,445 | 5,350 | 0,095 | 5,216 | 5,026 | | 0,190 |
| MJ 7 x 1 - 4H5H | 7,239 | 6,445 | 6,350 | 0,095 | 6,216 | 6,026 | | 0,190 |
| MJ 8 x 1 - 4H5H | 8,239 | 7,445 | 7,350 | 0,095 | 7,216 | 7,026 | | 0,190 |
| MJ 10 x 1,25 - 4H5H | 10,280 | 9,288 | 9,188 | 0,100 | 8,994 | 7,782 | | 0,212 |
| MJ 12 x 1,25 - 4H5H | 12,292 | 11,300 | 11,188 | 0,112 | 10,994 | 10,782 | | 0,212 |
| MJ 14 x 1,5 - 4H5H | 14,334 | 13,144 | 13,026 | 0,118 | 12,775 | 12,539 | | 0,236 |
| MJ 16 x 1,5 - 4H5H | 16,334 | 15,144 | 15,026 | 0,118 | 14,775 | 14,539 | | 0,236 |
| MJ 18 x 1,5 - 4H5H | 18,334 | 17,144 | 17,026 | 0,118 | 16,775 | 16,539 | | 0,236 |
| MJ 20 x 1,5 - 4H5H | 20,334 | 19,144 | 19,026 | 0,118 | 18,775 | 18,539 | | 0,236 |
| MJ 22 x 1,5 - 4H5H | 22,334 | 21,144 | 21,026 | 0,118 | 20,775 | 20,539 | | 0,236 |
| MJ 24 x 2 - 4H5H | 24,429 | 22,841 | 22,701 | 0,140 | 22,351 | 22,051 | | 0,300 |
| MJ 27 x 2 - 4H5H | 27,429 | 25,841 | 25,701 | 0,140 | 25,351 | 25,051 | | 0,300 |
| MJ 30 x 2 - 4H5H | 30,429 | 28,841 | 28,701 | 0,140 | 28,351 | 28,051 | | 0,300 |
| MJ 33 x 2 - 4H5H | 33,429 | 31,841 | 31,701 | 0,140 | 31,351 | 31,051 | | 0,300 |
| MJ 36 x 2 - 4H5H | 36,429 | 34,841 | 34,701 | 0,140 | 34,351 | 34,051 | | 0,300 |
| MJ 39 x 2 - 4H5H | 39,429 | 37,841 | 37,701 | 0,140 | 37,351 | 37,051 | | 0,300 |

[1] Nach DIN ISO 965-1

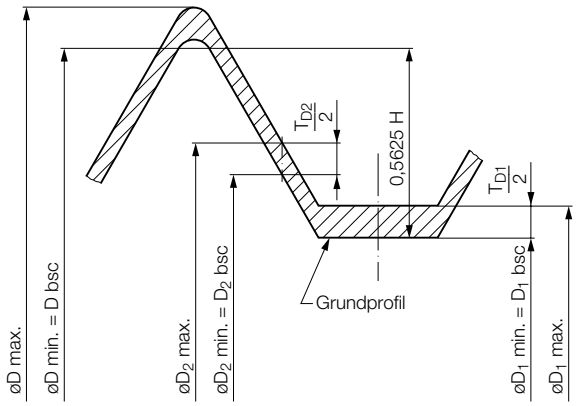
[2] $D_3$ min. ist nicht festgelegt, muss aber größer als D sein

Maße in mm

## 15.12 Amerikanisches UNJ-Gewinde (Auszug aus ASME B1.15 und ISO 3161)



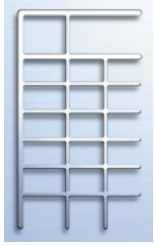

**UNJ Außengewinde und Toleranzen**




**UNJ Innengewinde und Toleranzen**

### Grenzmaße und Toleranzen, UNJ-Gewinde

| Nenngröße und Gang pro inch | Gewinde Form | Tol. | Außengewinde Außendurchmesser max. | Außengewinde Außendurchmesser min. | Außengewinde Flankendurchmesser max. | Außengewinde Flankendurchmesser min. | Außengewinde Kerndurchmesser max. | Außengewinde Kerndurchmesser min. | Außengewinde Kernradius max. | Außengewinde Kernradius min. | Tol. | Innengewinde Kerndurchmesser max. | Innengewinde Kerndurchmesser min. | Innengewinde Flankendurchmesser max. | Innengewinde Flankendurchmesser min. | Innengewinde Außendurchm. min. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. 4 0,1120 - 40 | UNJC | 2A | 0,1112 | 0,1061 | 0,0950 | 0,0925 | 00824 | 0,0784 | 0,0045 | 0,0038 | 2B | 0,0942 | 0,0877 | 0,0991 | 0,0958 | 0,1120 |
| | | 3A | 0,1120 | 0,1069 | 0,0958 | 0,0939 | 0,0832 | 0,0798 | 0,0045 | 0,0038 | 3B | 0,0942 | 0,0877 | 0,0982 | 0,0958 | 0,1120 |
| Nr. 4 0,1120 - 48 | UNJF | 2A | 0,1113 | 0,1068 | 0,0978 | 0,0954 | 0,0873 | 0,0836 | 0,0038 | 0,0031 | 2B | 0,0971 | 0,0917 | 0,1016 | 0,0985 | 0,1120 |
| | | 3A | 0,1120 | 0,1075 | 0,0985 | 0,0967 | 0,0880 | 0,0849 | 0,0038 | 0,0031 | 3B | 0,0971 | 0,0917 | 0,1008 | 0,0985 | 0,1120 |
| Nr. 5 0,1250 - 40 | UNJC | 2A | 0,1242 | 0,1191 | 0,1080 | 0,1054 | 0,0954 | 0,0913 | 0,0045 | 0,0038 | 2B | 0,1072 | 0,1007 | 0,1121 | 0,1088 | 0,1250 |
| | | 3A | 0,1250 | 0,1199 | 0,1088 | 0,1069 | 0,0962 | 0,0928 | 0,0045 | 0,0038 | 3B | 0,1072 | 0,1007 | 0,1113 | 0,1088 | 0,1250 |
| Nr. 5 0,1250 - 44 | UNJF | 2A | 0,1243 | 0,1195 | 0,1095 | 0,1070 | 0,0980 | 0,0941 | 0,0041 | 0,0034 | 2B | 0,1088 | 0,1029 | 0,1134 | 0,1102 | 0,1250 |
| | | 3A | 0,1250 | 0,1202 | 0,1102 | 0,1083 | 0,0987 | 0,0954 | 0,0041 | 0,0034 | 3B | 0,1088 | 0,1029 | 0,1126 | 0,1102 | 0,1250 |
| Nr. 6 0,1380 - 32 | UNJC | 2A | 0,1372 | 0,1312 | 0,1169 | 0,1141 | 0,1011 | 0,0964 | 0,0056 | 0,0047 | 2B | 0,1157 | 0,1076 | 0,1214 | 0,1177 | 0,1380 |
| | | 3A | 0,1380 | 0,1320 | 0,1177 | 0,1156 | 0,1019 | 0,0979 | 0,0056 | 0,0047 | 3B | 0,1157 | 0,1076 | 0,1204 | 0,1177 | 0,1380 |
| Nr. 6 0,1380 - 40 | UNJF | 2A | 0,1372 | 0,1321 | 0,1210 | 0,1184 | 0,1084 | 0,1043 | 0,0045 | 0,0038 | 2B | 0,1202 | 0,1137 | 0,1252 | 0,1218 | 0,1380 |
| | | 3A | 0,1380 | 0,1329 | 0,1218 | 0,1198 | 0,1092 | 0,1057 | 0,0045 | 0,0038 | 3B | 0,1202 | 0,1137 | 0,1243 | 0,1218 | 0,1380 |
| Nr. 8 0,1640 - 32 | UNJC | 2A | 0,1631 | 0,1571 | 0,1428 | 0,1399 | 0,1270 | 0,1222 | 0,0056 | 0,0047 | 2B | 0,1417 | 0,1336 | 0,1475 | 0,1437 | 0,1640 |
| | | 3A | 0,1640 | 0,1580 | 0,1437 | 0,1415 | 0,1279 | 0,1238 | 0,0056 | 0,0047 | 3B | 0,1417 | 0,1336 | 0,1465 | 0,1437 | 0,1640 |
| Nr. 8 0,1640 - 36 | UNJF | 2A | 0,1632 | 0,1577 | 0,1452 | 0,1424 | 0,1312 | 0,1267 | 0,0050 | 0,0042 | 2B | 0,1442 | 0,1370 | 0,1496 | 0,1460 | 0,1640 |
| | | 3A | 0,1640 | 0,1585 | 0,1460 | 0,1439 | 0,1320 | 0,1282 | 0,0050 | 0,0042 | 3B | 0,1442 | 0,1370 | 0,1487 | 0,1460 | 0,1640 |
| Nr. 10 0,1900 - 24 | UNJC | 2A | 0,1890 | 0,1818 | 0,1619 | 0,1586 | 0,1409 | 0,1350 | 0,0075 | 0,0063 | 2B | 0,1600 | 0,1494 | 0,1672 | 0,1629 | 0,1900 |
| | | 3A | 0,1900 | 0,1828 | 0,1629 | 0,1604 | 0,1418 | 0,1368 | 0,0075 | 0,0063 | 3B | 0,1600 | 0,1494 | 0,1661 | 0,1629 | 0,1900 |
| Nr. 10 0,1900 - 32 | UNJF | 2A | 0,1891 | 0,1831 | 0,1688 | 0,1658 | 0,1530 | 0,1481 | 0,0056 | 0,0047 | 2B | 0,1675 | 0,1596 | 0,1736 | 0,1697 | 0,1900 |
| | | 3A | 0,1900 | 0,1840 | 0,1697 | 0,1674 | 0,1539 | 0,1497 | 0,0056 | 0,0047 | 3B | 0,1675 | 0,1596 | 0,1726 | 0,1697 | 0,1900 |
| Nr. 12 0,2160 - 24 | UNJC | 2A | 0,2150 | 0,2078 | 0,1879 | 0,1845 | 0,1669 | 0,1609 | 0,0075 | 0,0063 | 2B | 0,1852 | 0,1754 | 0,1933 | 0,1889 | 0,2160 |
| | | 3A | 0,2160 | 0,2088 | 0,1889 | 0,1863 | 0,1678 | 0,1627 | 0,0075 | 0,0063 | 3B | 0,1852 | 0,1754 | 0,1922 | 0,1889 | 0,2160 |
| Nr. 12 0,2160 - 28 | UNJF | 2A | 0,2150 | 0,2085 | 0,1918 | 0,1886 | 0,1738 | 0,1684 | 0,0064 | 0,0054 | 2B | 0,1896 | 0,1812 | 0,1970 | 0,1928 | 0,2160 |
| | | 3A | 0,2160 | 0,2095 | 0,1928 | 0,1904 | 0,1748 | 0,1702 | 0,0064 | 0,0054 | 3B | 0,1896 | 0,1812 | 0,1959 | 0,1928 | 0,2160 |
| 1/4 0,2500 - 20 | UNJC | 2A | 0,2489 | 0,2408 | 0,2164 | 0,2127 | 0,1911 | 0,1844 | 0,0090 | 0,0075 | 2B | 0,2121 | 0,2013 | 0,2224 | 0,2175 | 0,2500 |
| | | 3A | 0,2500 | 0,2419 | 0,2175 | 0,2147 | 0,1922 | 0,1864 | 0,0090 | 0,0075 | 3B | 0,2121 | 0,2013 | 0,2211 | 0,2175 | 0,2500 |
| 1/4 0,2500 - 28 | UNJF | 2A | 0,2490 | 0,2425 | 0,2258 | 0,2225 | 0,2078 | 0,2023 | 0,0064 | 0,0054 | 2B | 0,2229 | 0,2152 | 0,2311 | 0,2268 | 0,2500 |
| | | 3A | 0,2500 | 0,2435 | 0,2268 | 0,2243 | 0,2088 | 0,2041 | 0,0064 | 0,0054 | 3B | 0,2229 | 0,2152 | 0,2300 | 0,2268 | 0,2500 |
| 5/16 0,3125 - 18 | UNJC | 2A | 0,3113 | 0,3026 | 0,2752 | 0,2712 | 0,2471 | 0,2398 | 0,0100 | 0,0083 | 2B | 0,2690 | 0,2584 | 0,2817 | 0,2764 | 0,3125 |
| | | 3A | 0,3125 | 0,3038 | 0,2764 | 0,2734 | 0,2483 | 0,2420 | 0,0100 | 0,0083 | 3B | 0,2690 | 0,2584 | 0,2803 | 0,2764 | 0,3125 |
| 5/16 0,3125 - 24 | UNJF | 2A | 0,3114 | 0,3042 | 0,2843 | 0,2806 | 0,2632 | 0,2570 | 0,0075 | 0,0063 | 2B | 0,2799 | 0,2719 | 0,2902 | 0,2854 | 0,3125 |
| | | 3A | 0,3125 | 0,3053 | 0,2854 | 0,2827 | 0,2644 | 0,2591 | 0,0075 | 0,0063 | 3B | 0,2799 | 0,2719 | 0,2890 | 0,2854 | 0,3125 |

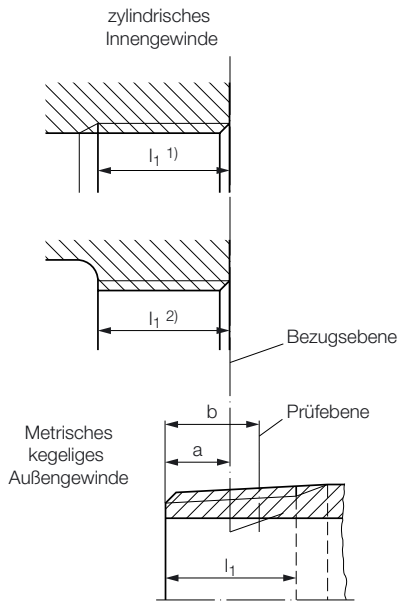


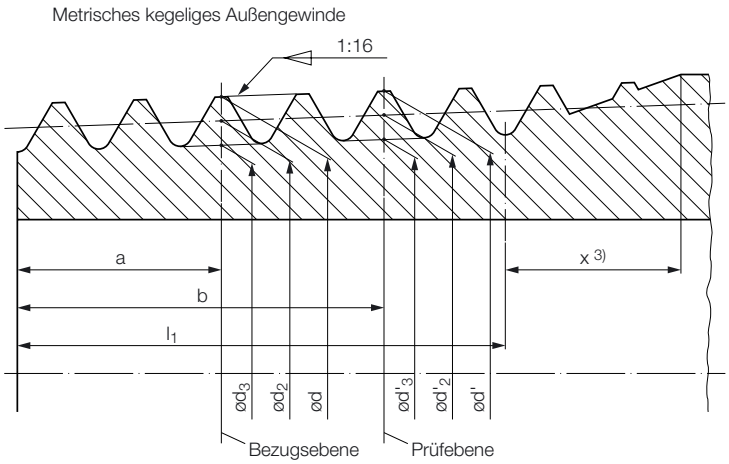
| Nenngröße und Gang pro inch | Gewinde Form | Tol. | Außengewinde | | | | | | | | Tol. | Innengewinde | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Außendurchmesser | | Flankendurchmesser | | Kerndurchmesser | | Kernradius | | | Kerndurchmesser | | Flankendurchmesser | | Außendurchm. |
| | | | max. | min. | max. | min. | max. | min. | max. | min. | | max. | min. | max. | min. | min. |
| 3/8 0,3750 - 16 | UNJC | 2A | 0,3737 | 0,3643 | 0,3331 | 0,3287 | 0,3015 | 0,2933 | 0,0113 | 0,0094 | 2B | 0,3250 | 0,3141 | 0,3401 | 0,3344 | 0,3750 |
| | | 3A | 0,3750 | 0,3656 | 0,3344 | 0,3311 | 0,3028 | 0,2957 | 0,0113 | 0,0094 | 3B | 0,3250 | 0,3141 | 0,3387 | 0,3344 | 0,3750 |
| 3/8 0,3750 - 24 | UNJF | 2A | 0,3739 | 0,3667 | 0,3468 | 0,3430 | 0,3258 | 0,3194 | 0,0075 | 0,0063 | 2B | 0,3417 | 0,3344 | 0,3528 | 0,3479 | 0,3750 |
| | | 3A | 0,3750 | 0,3678 | 0,3479 | 0,3450 | 0,3268 | 0,3214 | 0,0075 | 0,0063 | 3B | 0,3417 | 0,3344 | 0,3516 | 0,3479 | 0,3750 |
| 7/16 0,4375 - 14 | UNJC | 2A | 0,4361 | 0,4258 | 0,3897 | 0,3850 | 0,3536 | 0,3446 | 0,0129 | 0,0107 | 2B | 0,3795 | 0,3680 | 0,3972 | 0,3911 | 0,4375 |
| | | 3A | 0,4375 | 0,4272 | 0,3911 | 0,3876 | 0,3550 | 0,3472 | 0,0129 | 0,0107 | 3B | 0,3795 | 0,3680 | 0,3957 | 0,3911 | 0,4375 |
| 7/16 0,4375 - 20 | UNJF | 2A | 0,4362 | 0,4281 | 0,4037 | 0,3995 | 0,3784 | 0,3712 | 0,0090 | 0,0075 | 2B | 0,3970 | 0,3888 | 0,4104 | 0,4050 | 0,4375 |
| | | 3A | 0,4375 | 0,4294 | 0,4050 | 0,4019 | 0,3797 | 0,3736 | 0,0090 | 0,0075 | 3B | 0,3970 | 0,3888 | 0,4091 | 0,4050 | 0,4375 |
| 1/2 0,5000 - 13 | UNJC | 2A | 0,4985 | 0,4876 | 0,4485 | 0,4435 | 0,4096 | 0,4000 | 0,0139 | 0,0115 | 2B | 0,4368 | 0,4251 | 0,4565 | 0,4500 | 0,5000 |
| | | 3A | 0,5000 | 0,4891 | 0,4500 | 0,4463 | 0,4111 | 0,4028 | 0,0139 | 0,0115 | 3B | 0,4368 | 0,4251 | 0,4548 | 0,4500 | 0,5000 |
| 1/2 0,5000 - 20 | UNJF | 2A | 0,4987 | 0,4906 | 0,4662 | 0,4619 | 0,4409 | 0,4336 | 0,0090 | 0,0075 | 2B | 0,4591 | 0,4513 | 0,4731 | 0,4675 | 0,5000 |
| | | 3A | 0,5000 | 0,4919 | 0,4675 | 0,4643 | 0,4422 | 0,4360 | 0,0090 | 0,0075 | 3B | 0,4591 | 0,4513 | 0,4717 | 0,4675 | 0,5000 |
| 9/16 0,5625 - 12 | UNJC | 2A | 0,5609 | 0,5495 | 0,5068 | 0,5016 | 0,4647 | 0,4545 | 0,0150 | 0,0125 | 2B | 0,4914 | 0,4814 | 0,5152 | 0,5084 | 0,5625 |
| | | 3A | 0,5625 | 0,5511 | 0,5084 | 0,5045 | 0,4663 | 0,4574 | 0,0150 | 0,0125 | 3B | 0,4914 | 0,4814 | 0,5135 | 0,5084 | 0,5625 |
| 9/16 0,5625 - 18 | UNJF | 2A | 0,5611 | 0,5524 | 0,5250 | 0,5205 | 0,4969 | 0,4891 | 0,0100 | 0,0083 | 2B | 0,5166 | 0,5084 | 0,5323 | 0,5264 | 0,5625 |
| | | 3A | 0,5625 | 0,5538 | 0,5264 | 0,5230 | 0,4983 | 0,4916 | 0,0100 | 0,0083 | 3B | 0,5166 | 0,5084 | 0,5308 | 0,5264 | 0,5625 |
| 5/8 0,6250 - 11 | UNJC | 2A | 0,6233 | 0,6112 | 0,5643 | 0,5588 | 0,5184 | 0,5074 | 0,0164 | 0,0136 | 2B | 0,5474 | 0,5365 | 0,5732 | 0,5660 | 0,6250 |
| | | 3A | 0,6250 | 0,6129 | 0,5660 | 0,5619 | 0,5201 | 0,5105 | 0,0164 | 0,0136 | 3B | 0,5474 | 0,5365 | 0,5714 | 0,5660 | 0,6250 |
| 5/8 0,6250 - 18 | UNJF | 2A | 0,6236 | 0,6149 | 0,5875 | 0,5828 | 0,5594 | 0,5514 | 0,0100 | 0,0083 | 2B | 0,5788 | 0,5709 | 0,5949 | 0,5889 | 0,6250 |
| | | 3A | 0,6250 | 0,6163 | 0,5889 | 0,5854 | 0,5608 | 0,5540 | 0,0100 | 0,0083 | 3B | 0,5788 | 0,5709 | 0,5934 | 0,5889 | 0,6250 |
| 3/4 0,7500 - 10 | UNJC | 2A | 0,7482 | 0,7353 | 0,6832 | 0,6773 | 0,6327 | 0,6207 | 0,0180 | 0,0150 | 2B | 0,6646 | 0,6526 | 0,6927 | 0,6850 | 0,7500 |
| | | 3A | 0,7500 | 0,7371 | 0,6850 | 0,6806 | 0,6345 | 0,6240 | 0,0180 | 0,0150 | 3B | 0,6646 | 0,6526 | 0,6907 | 0,6850 | 0,7500 |
| 3/4 0,7500 - 16 | UNJF | 2A | 0,7485 | 0,7391 | 0,7079 | 0,7029 | 0,6763 | 0,6675 | 0,0113 | 0,0094 | 2B | 0,6977 | 0,6892 | 0,7159 | 0,7094 | 0,7500 |
| | | 3A | 0,7500 | 0,7406 | 0,7094 | 0,7056 | 0,6778 | 0,6702 | 0,0113 | 0,0094 | 3B | 0,6977 | 0,6892 | 0,7143 | 0,7094 | 0,7500 |
| 7/8 0,8750 - 9 | UNJC | 2A | 0,8731 | 0,8592 | 0,8009 | 0,7946 | 0,7448 | 0,7317 | 0,0200 | 0,0167 | 2B | 0,7801 | 0,7668 | 0,8110 | 0,8028 | 0,8750 |
| | | 3A | 0,8750 | 0,8611 | 0,8028 | 0,7981 | 0,7467 | 0,7352 | 0,0200 | 0,0167 | 3B | 0,7801 | 0,7668 | 0,8089 | 0,8028 | 0,8750 |
| 7/8 0,8750 - 14 | UNJF | 2A | 0,8734 | 0,8631 | 0,8270 | 0,8216 | 0,7909 | 0,7812 | 0,0129 | 0,0107 | 2B | 0,8152 | 0,8055 | 0,8356 | 0,8286 | 0,8750 |
| | | 3A | 0,8750 | 0,8647 | 0,8286 | 0,8245 | 0,7925 | 0,7841 | 0,0129 | 0,0107 | 3B | 0,8152 | 0,8055 | 0,8339 | 0,8286 | 0,8750 |
| 1" 1,0000 - 8 | UNJC | 2A | 0,9980 | 0,9830 | 0,9168 | 0,9100 | 0,8537 | 0,8393 | 0,0226 | 0,0188 | 2B | 0,8933 | 0,8783 | 0,9276 | 0,9188 | 1,0000 |
| | | 3A | 1,0000 | 0,9850 | 0,9188 | 0,9137 | 0,8556 | 0,8430 | 0,0226 | 0,0188 | 3B | 0,8933 | 0,8783 | 0,9254 | 0,9188 | 1,0000 |
| 1" 1,0000 - 12 | UNJF | 2A | 0,9982 | 0,9868 | 0,9441 | 0,9382 | 0,9020 | 0,8910 | 0,0150 | 0,0125 | 2B | 0,9289 | 0,9189 | 0,9535 | 0,9459 | 1,0000 |
| | | 3A | 1,0000 | 0,9886 | 0,9459 | 0,9415 | 0,9038 | 0,8944 | 0,0150 | 0,0125 | 3B | 0,9289 | 0,9189 | 0,9516 | 0,9459 | 1,0000 |
| 1 1/8 1,1250 - 7 | UNJC | 2A | 1,1228 | 1,1064 | 1,0300 | 1,0228 | 0,9578 | 0,9420 | 0,0258 | 0,0214 | 2B | 1,0030 | 0,9859 | 1,0416 | 1,0322 | 1,1250 |
| | | 3A | 1,1250 | 1,1086 | 1,0322 | 1,0268 | 0,9600 | 0,9460 | 0,0258 | 0,0214 | 3B | 1,0030 | 0,9859 | 1,0393 | 1,0322 | 1,1250 |
| 1 1/8 1,1250 - 12 | UNJF | 2A | 1,1232 | 1,1118 | 1,0691 | 1,0631 | 1,0270 | 1,0160 | 0,0150 | 0,0125 | 2B | 1,0539 | 1,0439 | 1,0787 | 1,0709 | 1,1250 |
| | | 3A | 1,1250 | 1,1136 | 1,0709 | 1,0664 | 1,0288 | 1,0193 | 0,0150 | 0,0125 | 3B | 1,0539 | 1,0439 | 1,0768 | 1,0709 | 1,1250 |
| 1 1/4 1,2500 - 7 | UNJC | 2A | 1,2478 | 1,2314 | 1,1550 | 1,1476 | 1,0828 | 1,0668 | 0,0258 | 0,0214 | 2B | 1,1280 | 1,1109 | 1,1668 | 1,1572 | 1,1250 |
| | | 3A | 1,2500 | 1,2336 | 1,1572 | 1,1517 | 1,0850 | 1,0709 | 0,0258 | 0,0214 | 3B | 1,1280 | 1,1109 | 1,1644 | 1,1572 | 1,1250 |
| 1 1/4 1,2500 - 12 | UNJF | 2A | 1,2482 | 1,2368 | 1,1941 | 1,1879 | 1,1520 | 1,1408 | 0,0150 | 0,0125 | 2B | 1,1789 | 1,1689 | 1,2039 | 1,1959 | 1,1250 |
| | | 3A | 1,2500 | 1,2386 | 1,1959 | 1,1913 | 1,1538 | 1,1442 | 0,0150 | 0,0125 | 3B | 1,1789 | 1,1689 | 1,2019 | 1,1959 | 1,1250 |
| 1 3/8 1,3750 - 6 | UNJC | 2A | 1,3726 | 1,3544 | 1,2643 | 1,2563 | 1,1801 | 1,1620 | 0,0301 | 0,0250 | 2B | 1,2327 | 1,2127 | 1,2771 | 1,2667 | 1,3750 |
| | | 3A | 1,3750 | 1,3568 | 1,2667 | 1,2607 | 1,1825 | 1,1664 | 0,0301 | 0,0250 | 3B | 1,2327 | 1,2127 | 1,2745 | 1,2667 | 1,3750 |
| 1 3/8 1,3750 - 12 | UNJF | 2A | 1,3731 | 1,3617 | 1,3190 | 1,3127 | 1,2769 | 1,2656 | 0,0150 | 0,0125 | 2B | 1,3039 | 1,2939 | 1,3291 | 1,3209 | 1,3750 |
| | | 3A | 1,3750 | 1,3636 | 1,3209 | 1,3162 | 1,2788 | 1,2691 | 0,0150 | 0,0125 | 3B | 1,3039 | 1,2939 | 1,3270 | 1,3209 | 1,3750 |
| 1 1/2 1,5000 - 6 | UNJC | 2A | 1,4976 | 1,4794 | 1,3893 | 1,3812 | 1,3051 | 1,2869 | 0,0301 | 0,0250 | 2B | 1,3577 | 1,3377 | 1,4022 | 1,3917 | 1,5000 |
| | | 3A | 1,5000 | 1,4818 | 1,3917 | 1,3856 | 1,3075 | 1,2913 | 0,0301 | 0,0250 | 3B | 1,3577 | 1,3377 | 1,3996 | 1,3917 | 1,5000 |
| 1 1/2 1,5000 - 12 | UNJF | 2A | 1,4981 | 1,4867 | 1,4440 | 1,4376 | 1,4019 | 1,3905 | 0,0150 | 0,0125 | 2B | 1,4289 | 1,4189 | 1,4542 | 1,4459 | 1,5000 |
| | | 3A | 1,5000 | 1,4886 | 1,4459 | 1,4411 | 1,4038 | 1,3940 | 0,0150 | 0,0125 | 3B | 1,4289 | 1,4189 | 1,4522 | 1,4459 | 1,5000 |
| 1 3/4 1,7500 - 5 | UNJC | 2A | 1,7473 | 1,7268 | 1,6174 | 1,6085 | 1,5164 | 1,4953 | 0,0361 | 0,0300 | 2B | 1,5792 | 1,5552 | 1,6317 | 1,6201 | 1,7500 |
| | | 3A | 1,7500 | 1,7295 | 1,6201 | 1,6134 | 1,5191 | 1,5002 | 0,0361 | 0,0300 | 3B | 1,5792 | 1,5552 | 1,6288 | 1,6201 | 1,7500 |
| 2" 2,0000 - 4,5 | UNJC | 2A | 1,9971 | 1,9751 | 1,8528 | 1,8433 | 1,7405 | 1,7176 | 0,0401 | 0,0334 | 2B | 1,8102 | 1,7835 | 1,8681 | 1,8557 | 2,0000 |
| | | 3A | 2,0000 | 1,9780 | 1,8557 | 1,8486 | 1,7434 | 1,7229 | 0,0401 | 0,0334 | 3B | 1,8102 | 1,7835 | 1,8650 | 1,8557 | 2,0000 |

Maße in inch

## 15.13 Metrisches kegeliges Außengewinde mit zugehörigem zylindrischen Innengewinde (Auszug aus DIN 158)

Diese Norm gilt für Metrisches kegeliges Außengewinde mit zugehörigem Innengewinde. Metrische kegelige Außengewinde nach dieser Norm werden für selbstdichtende Verbindungen angewendet, wie sie z.B. an Verschlussschrauben, Einschraubstutzen und Schmiernippeln vorkommen. Dieses Gewinde kann überall dort eingesetzt werden, wo eine zylindrische Gewindeverbindung mit Dichtring aus technischen und wirtschaftlichen Gründen nachteilig ist.
Bei Wirkmedien wie Ölen, sonstigen Flüssigkeiten und Gasen ist eine dichte Gewindeverbindung bei kleinen Nenndurchmessern ohne Dichtmittel erreichbar; bei zunehmenden Nenndurchmessern nimmt die Dichtheit der Gewindeverbindung ab und es wird ein im Gewinde wirkendes Dichtmittel empfohlen.
Für das Metrische kegelige Außengewinde sind die Varianten Regelausführung und Kurzausführung festgelegt, welche mit einem zylindrischen Innengewinde Toleranzklasse 4H für den Flankendurchmesser und 5H für den Kerndurchmesser nach DIN ISO 965-1 gepaart werden.




1) Ein Teil mit zylindrischem Innengewinde muss das Einschrauben eines Metrischen kegeligen Außengewinde bis zu einer nutzbaren Gewindelänge $l_1$ beim Höchstmaß von a erlauben.
2) Bei freiem Gewindeauslauf darf die nutzbare Gewindelänge $l_2$ des zylindrischen Innengewindes nicht kleiner sein als 80% von $l_1$.
3) Richtwerte für Gewindeauslauf x = 1,5 P.

Bezeichnungsbeispiel eines Metrischen kegeligen Außengewindes M 30 x 2 keg mit nutzbarer Gewindelänge in Regelausführung:

Gewinde DIN 158 – M 30 x 2 keg

Bezeichnungsbeispiel eines Metrischen kegeligen Außengewindes M 30 x 2 keg mit nutzbarer Gewindelänge in Kurzausführung (kurz):

Gewinde DIN 158 – M 30 x 2 keg kurz

## Nennmaße für das Metrische kegelige Außengewinde

| Gewinde | Steigung P [1] | Nutzbare Gewindelänge $l_1$ Regelausführung | Nutzbare Gewindelänge $l_1$ Kurzausführung | Gewindetiefe $h_3$ Regelausführung max. | Gewindetiefe $h_3$ Kurzausführung max. | Maße in der Bezugsebene: Abstand der Bezugsebene a Regelausführung | Maße in der Bezugsebene: Abstand der Bezugsebene a Kurzausführung | Maße in der Bezugsebene: Gewindemaße in der Bezugsebene: Außendurchmesser d=D | Flankendurchmesser $d_2=D_2$ | Kerndurchmesser $d_3$ | Maße in der Prüfebene: Abstand der Prüfebene b Regelausführung | Abstand der Prüfebene b Kurzausführung | Gewindemaße in der Prüfebene: d' | $d'_2$ | $d'_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| M 5 keg | 0,8 | 5 | — | 0,521 | — | 2 | — | 5 | 4,480 | 4,019 | 2,8 | — | 5,050 | 4,530 | 4,069 |
| M 6 keg | 1 | 5,5 | 4 | 0,659 | 0,644 | 2,5 | 2 | 6 | 5,350 | 4,773 | 3,5 | 6 | 6,063 | 5,413 | 4,836 |
| M 8 x 1 keg | | | | | | | | 8 | 7,350 | 6,773 | | | 8,063 | 7,413 | 6,836 |
| M 10 x 1 keg | | | | | | | | 10 | 9,350 | 8,773 | | | 10,063 | 9,413 | 8,836 |
| M 12 x 1 keg | | | | | | | | 12 | 11,350 | 10,773 | | | 12,063 | 11,413 | 10,836 |
| M 10 x 1,25 keg | 1,25 | 7 | 6 | 0,823 | 0,807 | 3 | 2,2 | 10 | 9,188 | 8,466 | 5 | 4,2 | 10,125 | 9,313 | 8,591 |
| M 12 x 1,25 keg | | | | | | | | 12 | 11,188 | 10,466 | | | 12,125 | 11,313 | 10,591 |
| M 12 x 1,5 keg | 1,5 | 8,5 | 7,5 | 0,983 | 0,967 | 3,5 | 2,5 | 12 | 11,026 | 10,160 | 6,5 | 5,5 | 12,188 | 11,214 | 10,348 |
| M 14 x 1,5 keg | | | | | | | | 14 | 13,026 | 12,160 | | | 14,188 | 13,214 | 12,348 |
| M 16 x 1,5 keg | | | | | | | | 16 | 15,026 | 14,160 | | | 16,188 | 15,214 | 14,348 |
| M 18 x 1,5 keg | | | | | | | | 18 | 17,026 | 16,160 | | | 18,188 | 17,214 | 16,348 |
| M 20 x 1,5 keg | | | | | | | | 20 | 19,026 | 18,160 | | | 20,188 | 19,214 | 18,348 |
| M 22 x 1,5 keg | | | | | | | | 22 | 21,026 | 20,160 | | | 22,188 | 21,214 | 20,348 |
| M 24 x 1,5 keg | | | | | | | | 24 | 23,026 | 22,160 | | | 24,188 | 23,214 | 22,348 |
| M 26 x 1,5 keg | | | | | | | | 26 | 25,026 | 24,160 | | | 26,188 | 25,214 | 24,348 |
| (M 27 x 1,5 keg) | | | | | | | | 27 | 26,026 | 25,160 | | | 27,188 | 26,214 | 25,348 |
| M 30 x 1,5 keg | | | | | | | | 30 | 29,026 | 28,160 | | | 30,188 | 29,214 | 28,348 |

[1] Die Steigung P ist der parallel zur Gewindeachse gemessene Abstand der Profilmitten.

Maße in mm

## Grenzabmaße für das Metrische kegelige Außengewinde

| Gewinde | a, b, $l_1$ Regelausführung | a, b, $l_1$ Kurzausführung | Außen-, Flanken- und Kerndurchmesser Regelausführung | Außen-, Flanken- und Kerndurchmesser Kurzausführung |
|---|---|---|---|---|
| M 5 keg | ± 0,5 | — | ± 0,3 | — |
| M 6 keg<br>M 8 x 1 keg<br>M 10 x 1 keg<br>M 12 x 1 keg | ± 0,7 | ± 0,5 | ± 0,045 | ± 0,03 |
| M 10 x 1,25 keg<br>M 12 x 1,25 keg | ± 0,9 | ± 0,65 | ± 0,056 | ± 0,04 |
| M 12 x 1,5 keg<br>M 14 x 1,5 keg<br>M 16 x 1,5 keg<br>M 18 x 1,5 keg<br>M 20 x 1,5 keg<br>M 22 x 1,5 keg<br>M 24 x 1,5 keg<br>M 26 x 1,5 keg<br>M 27 x 1,5 keg<br>M 30 x 1,5 keg | ± 1 | ± 0,75 | ± 0,063 | ± 0,047 |

Maße in mm

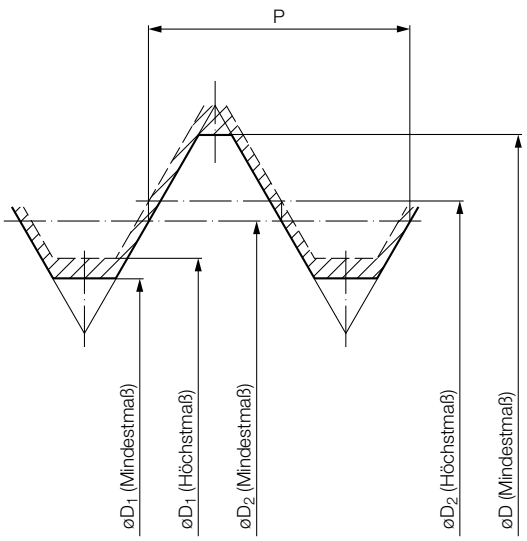
# Gewindetabellen

## Grenzmaße für das Metrische kegelige Außengewinde in der Prüfebene

| Gewinde | Regelausführung Außendurchmesser d' | | Flankendurchmesser $d'_2$ | | Kerndurchmesser $d'_3$ | | Kurzausführung Außendurchmesser d' | | Flankendurchmesser $d'_2$ | | Kerndurchmesser $d'_3$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß | Höchstmaß | Mindestmaß |
| M 5 keg | 5,080 | 5,020 | 4,560 | 4,500 | 4,099 | 4,039 | — | — | — | — | — | — |
| M 6 keg | 6,108 | 6,019 | 5,458 | 5,368 | 4,881 | 4,791 | 6,093 | 6,033 | 5,443 | 5,383 | 4,866 | 4,806 |
| M 8 x 1 keg | 8,108 | 8,018 | 7,458 | 7,368 | 6,881 | 6,791 | 8,093 | 8,033 | 7,443 | 7,383 | 6,866 | 6,806 |
| M 10 x 1 keg | 10,108 | 10,018 | 9,458 | 9,368 | 8,881 | 8,791 | 10,093 | 10,033 | 9,443 | 9,383 | 8,866 | 8,806 |
| M 12 x 1 keg | 12,108 | 12,018 | 11,458 | 11,368 | 10,881 | 10,791 | 12,093 | 12,033 | 11,443 | 11,383 | 10,866 | 10,806 |
| M 10 x 1,25 keg | 10,181 | 10,069 | 9,369 | 9,257 | 8,647 | 8,535 | 10,165 | 10,085 | 9,353 | 9,273 | 8,631 | 8,551 |
| M 12 x 1,25 keg | 12,181 | 12,069 | 11,369 | 11,257 | 10,647 | 10,535 | 12,165 | 12,085 | 11353 | 11,273 | 10,631 | 10,551 |
| M 12 x 1,5 keg | 12,251 | 12,125 | 11,277 | 11,151 | 10,411 | 10,285 | 12,235 | 12,141 | 11,261 | 11,167 | 10,395 | 10,301 |
| M 14 x 1,5 keg | 14,251 | 14,125 | 13,277 | 13,151 | 12,411 | 12,285 | 14,235 | 14,141 | 13,261 | 13,167 | 12,395 | 12,301 |
| M 16 x 1,5 keg | 16,251 | 16,125 | 15,277 | 15,151 | 14,411 | 14,285 | 16,235 | 16,141 | 15,261 | 15,167 | 14,395 | 14,301 |
| M 18 x 1,5 keg | 18,251 | 18,125 | 17,277 | 17,151 | 16,411 | 16,285 | 18,235 | 18,141 | 17,261 | 17,167 | 16,395 | 16,301 |
| M 20 x 1,5 keg | 20,251 | 20,125 | 19,277 | 19,151 | 18,411 | 18,285 | 20,235 | 20,141 | 19,261 | 19,167 | 18,395 | 18,301 |
| M 22 x 1,5 keg | 22,251 | 22,125 | 21,277 | 21,151 | 20,411 | 20,285 | 22,235 | 22,141 | 21,261 | 21,167 | 20,395 | 20,301 |
| M 24 x 1,5 keg | 24,251 | 24,125 | 23,277 | 23,151 | 22,411 | 22,285 | 24,235 | 24,141 | 23,261 | 23,167 | 22,395 | 22,301 |
| M 26 x 1,5 keg | 26,251 | 26,125 | 25,277 | 25,151 | 24,411 | 24,285 | 26,235 | 26,141 | 25,261 | 25,167 | 24,395 | 24,301 |
| M 27 x 1,5 keg | 27,251 | 27,125 | 26,277 | 26,151 | 25,411 | 25,285 | 27,235 | 27,141 | 26,261 | 26,167 | 25,395 | 25,301 |
| M 30 x 1,5 keg | 30,251 | 30,125 | 29,277 | 29,151 | 28,411 | 28,285 | 30,235 | 30,141 | 29,261 | 29,167 | 28,395 | 28,301 |
| M 33 x 1,5 keg | 33,313 | 33,125 | 32,339 | 32,151 | 31,473 | 31,285 | 33,282 | 33,156 | 32,308 | 32,182 | 31,442 | 31,316 |

Maße in mm

## Grenzmaße für das zylindrische Innengewinde, Toleranzklasse 4H für den Flankendurchmesser und 5H für den Kerndurchmesser (aus Abmaßen nach DIN ISO 965-3 berechnet)

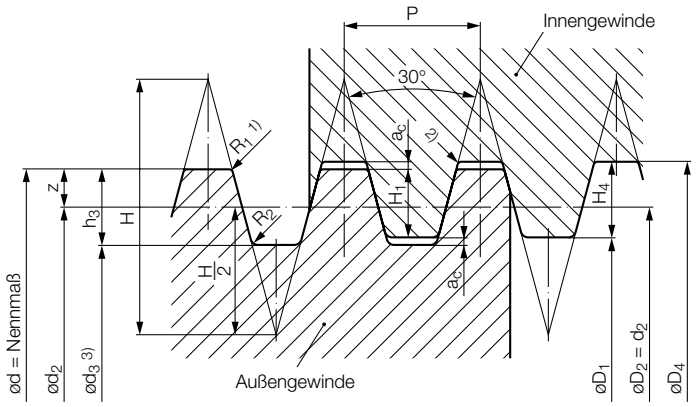



**Zylindrisches Innengewinde, Toleranzfeldlage H**

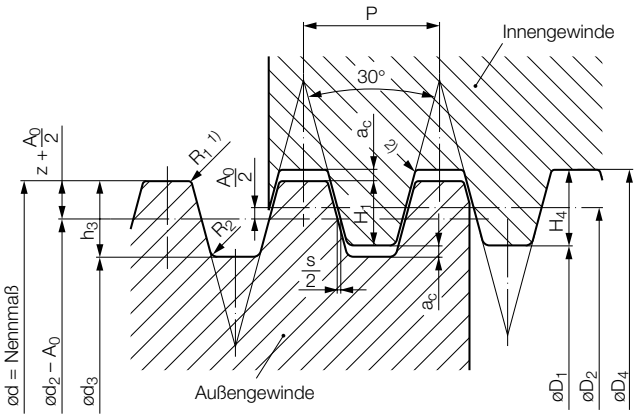
| Gewinde | Außendurchmesser D Mindestmaß | Flankendurchmesser $D_2$ 4H Mindestmaß | Flankendurchmesser $D_2$ 4H Höchstmaß | Kerndurchmesser $D_1$ 5H Mindestmaß | Kerndurchmesser $D_1$ 5H Höchstmaß |
|---|---|---|---|---|---|
| M 5 | 5 | 4,480 | 4,560 | 4,134 | 4,294 |
| M 6 | 6 | 5,350 | 5,445 | 4,917 | 5,107 |
| M 8 x 1 | 8 | 7,350 | 7,445 | 6,917 | 7,107 |
| M 10 x 1 | 10 | 9,350 | 9,445 | 8,917 | 9,107 |
| M 12 x 1 | 12 | 11,350 | 11,450 | 10,917 | 11,107 |
| M 10 x 1,25 | 10 | 9,188 | 9,288 | 8,647 | 8,859 |
| M 12 x 1,25 | 12 | 11,188 | 11,300 | 10,647 | 10,859 |
| M 12 x 1,5 | 12 | 11,026 | 11,144 | 10,376 | 10,612 |
| M 14 x 1,5 | 14 | 13,026 | 13,144 | 12,376 | 12,612 |
| M 16 x 1,5 | 16 | 15,026 | 15,144 | 14,376 | 14,612 |
| M 18 x 1,5 | 18 | 17,026 | 17,144 | 16,376 | 16,612 |
| M 20 x 1,5 | 20 | 19,026 | 19,144 | 18,376 | 18,612 |
| M 22 x 1,5 | 22 | 21,026 | 21,144 | 20,376 | 20,612 |
| M 24 x 1,5 | 24 | 23,026 | 23,151 | 22,376 | 22,612 |
| M 26 x 1,5 | 26 | 25,026 | 25,151 | 24,376 | 24,612 |
| M 27 x 1,5 | 27 | 23,026 | 26,151 | 25,376 | 25,612 |
| M 30 x 1,5 | 30 | 29,026 | 29,151 | 28,376 | 28,612 |
| M 33 x 1,5 | 33 | 32,026 | 32,151 | 31,376 | 31,612 |

Maße in mm

## 15.14 Metrisches ISO-Trapezgewinde (Auszug aus DIN 103)




**Profil für Außen- und Innengewinde mit Spiel im Außen- und Kerndurchmesser und ohne Flankenspiel, Toleranzlage H/h**




**Profil für Außen- und Innengewinde mit Spiel im Außen- und Kerndurchmesser und mit Flankenspiel durch Grundabmaß im Außengewinde, Toleranzlage H/e und H/c**

$D_1 = d - 2H_1 = d - P$
$H_1 = 0{,}5\ P$
$H = 1{,}866\ P$
$H_4 = H_1 + a_c = 0{,}5\ P + a_c$
$h_3 = H_1 + a_c = 0{,}5\ P + a_c$

$z = 0{,}25\ P = \frac{H_1}{2}$
$D_4 = d + 2a_c$
$d_3 = d - 2h_3$
$d_2 = D_2 = d - 2z = d - 0{,}5\ P$
$a_c$ = Spiel

$R_1 = \text{max. } 0{,}5\ a_c$
$R_2 = \text{max. } a_c$
$s = 0{,}26795\ A_0$

### Maße für Gewindeprofile

| P | 1,5 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a_c$ | 0,15 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 | 1 |
| $h_3 = H_4$ | 0,9 | 1,25 | 1,75 | 2,25 | 2,75 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 | 6,5 | 8 | 9 | 10 |
| $H_1$ | 0,75 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| $R_1$ max. | 0,075 | 0,125 | 0,125 | 0,125 | 0,125 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| $R_2$ max. | 0,15 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 | 1 |

Maße in mm

### Empfohlene Toleranzen

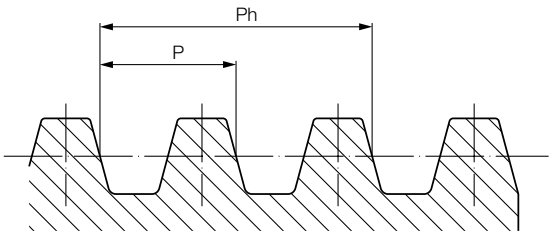
| Toleranzklasse | | Toleranzfelder für Flankendurchmesser Einschraubgruppen | |
|---|---|---|---|
| | | N (normal) | L (lang) |
| mittel | Innengewinde | 7H | 8H |
| | Außengewinde | 7e | 8e |
| grob | Innengewinde | 8H | 9H |
| | Außengewinde | 8c | 9c |

1) Es wird empfohlen, eine Rundung $R_1$ oder eine Fase am Außendurchmesser des Außengewindes vorzusehen.

2) Die größtzulässige Kantenrundung am Außendurchmesser des Innengewindes infolge Abnutzung des neuen, scharfkantigen Werkzeuges an dieser Stelle darf nicht größer als das Maß $a_c$ sein.

3) Bei gerollten Außengewinden kann des Profil im Kerndurchmesser geändert werden, um eine hier notwendige größere Rundung im Kern des Gewindes zu erhalten. Der Kerndurchmesser des Außengewindes kann in diesem Fall um 0,15 · P kleiner werden als Nennmaß $d_3$.

## Mehrgängige Trapezgewinde




**Profile für mehrgängige Gewinde (dargestellt ist ein zweigängiges Gewinde)**

Ph Steigung — Abstand entlang der Flankendurchmesserlinie zwischen benachbarten Flanken gleicher Richtung desselben Gewindeganges.

P Teilung — Abstand entlang der Flankendurchmesserlinie zwischen benachbarten Flanken der gleichen Richtung.

Bei mehrgängigen Trapezgewinden wird die Steigung P (axialer Abstand zweier benachbarter gleichgerichteter Gewindeflanken) des eingängigen Trapezgewindes zugrunde gelegt für

- die Grundabmaße $A_0$,
- die Kerndurchmessertoleranzen für Innengewinde $T_{D1}$,
- die Außendurchmessertoleranzen für Außengewinde $T_d$.

Die Toleranzen des Flankendurchmessers für Innengewinde $T_{D2}$ und Außengewinde $T_{d2}$ des mehrgängigen Gewindes mit der Steigung Ph (Axialverschiebung bei einer Umdrehung) werden dagegen vergrößert. Grundlage hierfür ist die Flankendurchmessertoleranz des eingängigen Trapezgewindes mit der Steigung P. Diese Toleranzen werden mit einem der Gangzahl zugeordneten Faktor aus der Normzahlenreihe R20 nach DIN 323-1 gemäß Tabelle 14 multipliziert.

Werden mehrgängige Gewinde mit großen Steigungen gefertigt, für die die Toleranzen $T_{D2}$ und $T_{d2}$ nicht mehr aus den Tabellen abgelesen werden können, sind die Werte für $T_{D2}$ und $T_{d2}$ nach den Formeln in DIN 103 zu errechnen.

| Ganzahl | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 und mehr |
|---|---|---|---|---|---|
| (R20) Faktor | 1 | 1,12 | 1,25 | 1,4 | 1,6 |

## Grundabmaße $A_0$ für den Flankendurchmesser des Außengewindes

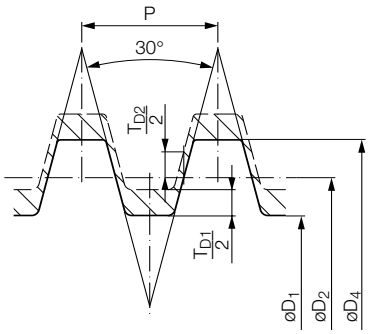
| Steigung P mm | $A_0$ Toleranzlage c µm | $A_0$ Toleranzlage e µm |
|---|---|---|
| 1,5 | –140 | – 67 |
| 2 | –150 | – 71 |
| 3 | –170 | – 85 |
| 4 | –190 | – 95 |
| 5 | –212 | –106 |
| 6 | –236 | –118 |
| 7 | –250 | –125 |
| 8 | –265 | –132 |
| 9 | –280 | –140 |
| 10 | –300 | –150 |
| 12 | –335 | –160 |
| 14 | –335 | –180 |
| 16 | –375 | –190 |
| 18 | –400 | –200 |

## Einschraublängen

| Gewinde-Nenndurchmesser d über | bis | Steigung P | Einschraublänge für N (normal) von | bis | L (lang) über |
|---|---|---|---|---|---|
| 5,6 | 11,2 | 1,5 | 5 | 15 | 15 |
| | | 2 | 6 | 19 | 19 |
| | | 3 | 10 | 28 | 28 |
| 11,2 | 22,4 | 2 | 8 | 24 | 24 |
| | | 3 | 11 | 32 | 32 |
| | | 4 | 15 | 43 | 43 |
| | | 5 | 18 | 53 | 53 |
| | | 8 | 30 | 85 | 85 |
| 22,4 | 45 | 3 | 12 | 36 | 36 |
| | | 5 | 21 | 63 | 63 |
| | | 6 | 25 | 75 | 75 |
| | | 7 | 30 | 85 | 85 |
| | | 8 | 34 | 100 | 100 |
| | | 10 | 42 | 125 | 125 |
| | | 12 | 50 | 150 | 150 |
| 45 | 90 | 3 | 15 | 45 | 45 |
| | | 4 | 19 | 56 | 56 |
| | | 8 | 38 | 118 | 118 |
| | | 9 | 43 | 132 | 132 |
| | | 10 | 50 | 140 | 140 |
| | | 12 | 60 | 170 | 170 |
| | | 14 | 67 | 200 | 200 |
| | | 16 | 75 | 236 | 236 |
| | | 18 | 85 | 265 | 265 |

Maße in mm

## Innengewinde (eingängig), Grenzmaße




| | |
|---|---|
| $D_4$ | Außendurchmesser des Innengewindes |
| $D_2$ | Flankendurchmesser des Innengewindes |
| $D_1$ | Kerndurchmesser des Innengewindes |
| $T_{D2}$ | Toleranz für den Flankendurchmesser des Innengewindes |
| $T_{D1}$ | Toleranz für den Kerndurchmesser des Innengewindes |

Bezeichnungsbeispiel für Innengewinde eingängig:
Tr 40 x 7 – 7H

Bezeichnungsbeispiel für Innengewinde mehrgängig:
Tr 40 x 21 P7 – 7H[1)]

$\frac{Ph}{P} = \frac{21}{7}$ = dreigängiges Gewinde

[1)] Für mehrgängige Trapezgewinde sind besondere Toleranzen nach DIN 103-3 festgelegt.

| Gewinde- Nenn-ø x Stgg. P | Außen-durch-messer $D_4$ min. | Flankendurchmesser $D_2$ Nennfl.-ø = $D_2$ min. 7H, 8H | 7H $D_2$ max. | 7H $T_{D2}$ | 8H $D_2$ max. | 8H $T_{D2}$ | Kerndurchmesser $D_1$ Nennkern-ø = $D_1$ min. | $D_1$ max. | $T_{D1}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tr 8 x 1,5 | 8,300 | 7,250 | 7,474 | 0,224 | 7,530 | 0,280 | 6,500 | 6,690 | 0,190 |
| Tr 9 x 1,5 | 9,300 | 8,250 | 8,474 | 0,224 | 8,530 | 0,280 | 7,500 | 7,690 | 0,190 |
| x 2 | 9,500 | 8,000 | 8,250 | 0,250 | 8,315 | 0,315 | 7,000 | 7,236 | 0,236 |
| Tr 10 x 1,5 | 10,300 | 9,250 | 9,474 | 0,224 | 9,530 | 0,280 | 8,500 | 8,690 | 0,190 |
| x 2 | 10,500 | 9,000 | 9,250 | 0,250 | 9,315 | 0,315 | 8,000 | 8,236 | 0,236 |
| Tr 11 x 2 | 11,500 | 10,000 | 10,250 | 0,250 | 10,315 | 0,315 | 9,000 | 9,236 | 0,236 |
| x 3 | 11,500 | 9,500 | 9,780 | 0,280 | 9,855 | 0,355 | 8,000 | 8,315 | 0,315 |
| Tr 12 x 2 | 12,500 | 11,000 | 11,265 | 0,265 | 11,335 | 0,335 | 10,000 | 10,236 | 0,236 |
| x 3 | 12,500 | 10,500 | 10,800 | 0,300 | 10,875 | 0,375 | 9,000 | 9,315 | 0,315 |
| Tr 14 x 2 | 14,500 | 13,000 | 13,265 | 0,265 | 13,335 | 0,335 | 12,000 | 12,236 | 0,236 |
| x 3 | 14,500 | 12,500 | 12,800 | 0,300 | 12,875 | 0,375 | 11,000 | 11,315 | 0,315 |
| Tr 16 x 2 | 16,500 | 15,000 | 15,265 | 0,265 | 15,335 | 0,335 | 14,000 | 14,236 | 0,236 |
| x 4 | 16,500 | 14,000 | 14,355 | 0,355 | 14,450 | 0,450 | 12,000 | 13,375 | 0,375 |
| Tr 18 x 2 | 18,500 | 17,000 | 17,265 | 0,265 | 17,335 | 0,335 | 16,000 | 16,236 | 0,236 |
| x 4 | 18,500 | 16,000 | 16,355 | 0,355 | 16,450 | 0,450 | 14,000 | 14,375 | 0,375 |
| Tr 20 x 2 | 20,500 | 19,000 | 19,265 | 0,265 | 19,335 | 0,335 | 18,000 | 18,236 | 0,236 |
| x 4 | 20,500 | 18,000 | 18,355 | 0,355 | 18,450 | 0,450 | 16,000 | 16,375 | 0,375 |
| Tr 22 x 3 | 22,500 | 20,500 | 20,800 | 0,300 | 20,875 | 0,375 | 19,000 | 19,315 | 0,315 |
| x 5 | 22,500 | 19,500 | 19,875 | 0,375 | 19,975 | 0,475 | 17,000 | 17,450 | 0,450 |
| Tr 24 x 3 | 24,500 | 22,500 | 22,835 | 0,335 | 22,925 | 0,425 | 21,000 | 21,315 | 0,315 |
| x 5 | 24,500 | 21,500 | 21,900 | 0,400 | 22,000 | 0,500 | 19,000 | 19,450 | 0,450 |
| Tr 26 x 3 | 26,500 | 24,500 | 24,835 | 0,335 | 24,925 | 0,425 | 23,000 | 23,315 | 0,315 |
| x 5 | 26,500 | 23,500 | 23,900 | 0,400 | 24,000 | 0,500 | 21,000 | 21,450 | 0,450 |
| Tr 28 x 3 | 28,500 | 26,500 | 26,835 | 0,335 | 26,925 | 0,425 | 25,000 | 25,315 | 0,315 |
| x 5 | 28,500 | 25,500 | 25,900 | 0,400 | 26,000 | 0,500 | 23,000 | 23,450 | 0,450 |
| Tr 30 x 3 | 30,500 | 28,500 | 28,835 | 0,335 | 28,925 | 0,425 | 27,000 | 27,315 | 0,315 |
| x 6 | 31,000 | 27,000 | 27,450 | 0,450 | 27,560 | 0,560 | 24,000 | 24,500 | 0,500 |

Maße in mm

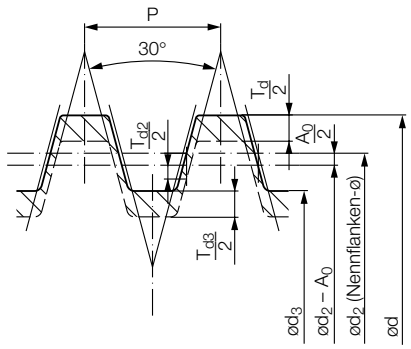


# Gewindetabellen

| Gewinde- Nenn- ø x | Stgg. P | Außen-durch-messer $D_4$ min. | Flankendurchmesser $D_2$ Nennfl.-ø = $D_2$ min. 7H, 8H | 7H $D_2$ max. | 7H $T_{D2}$ | 8H $D_2$ max. | 8H $T_{D2}$ | Kerndurchmesser $D_1$ Nennkern-ø = $D_1$ min. | $D_1$ max. | $T_{D1}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tr 32 | x 3 | 32,500 | 30,500 | 30,835 | 0,335 | 30,925 | 0,425 | 29,000 | 29,315 | 0,315 |
| | x 6 | 33,000 | 29,000 | 29,450 | 0,450 | 29,560 | 0,560 | 26,000 | 26,500 | 0,500 |
| Tr 34 | x 3 | 34,500 | 32,500 | 32,835 | 0,335 | 32,925 | 0,425 | 31,000 | 31,315 | 0,315 |
| | x 6 | 35,000 | 31,000 | 31,450 | 0,450 | 31,560 | 0,560 | 28,000 | 28,500 | 0,500 |
| Tr 36 | x 3 | 36,500 | 34,500 | 34,835 | 0,335 | 34,925 | 0,425 | 33,000 | 33,315 | 0,315 |
| | x 6 | 37,000 | 33,000 | 33,450 | 0,450 | 33,560 | 0,560 | 30,000 | 30,500 | 0,500 |
| Tr 38 | x 3 | 38,500 | 36,500 | 36,835 | 0,335 | 36,925 | 0,425 | 35,000 | 35,315 | 0,315 |
| | x 7 | 39,000 | 34,500 | 34,975 | 0,475 | 35,100 | 0,600 | 31,000 | 31,560 | 0,560 |
| Tr 40 | x 3 | 40,500 | 38,500 | 38,835 | 0,335 | 38,925 | 0,425 | 37,000 | 37,315 | 0,315 |
| | x 7 | 41,000 | 36,500 | 36,975 | 0,475 | 37,100 | 0,600 | 33,000 | 33,560 | 0,560 |
| Tr 42 | x 3 | 42,500 | 40,500 | 40,835 | 0,335 | 40,925 | 0,425 | 39,000 | 39,315 | 0,315 |
| | x 7 | 43,000 | 38,500 | 38,975 | 0,475 | 39,100 | 0,600 | 35,000 | 35,560 | 0,560 |
| Tr 44 | x 3 | 44,500 | 42,500 | 42,835 | 0,335 | 42,925 | 0,425 | 41,000 | 41,315 | 0,315 |
| | x 7 | 45,000 | 40,500 | 40,975 | 0,475 | 41,100 | 0,600 | 37,000 | 37,560 | 0,560 |
| Tr 46 | x 3 | 46,500 | 44,500 | 44,855 | 0,355 | 44,950 | 0,450 | 43,000 | 43,315 | 0,315 |
| | x 8 | 47,000 | 42,000 | 42,530 | 0,530 | 42,670 | 0,670 | 38,000 | 38,630 | 0,630 |
| Tr 48 | x 3 | 48,500 | 46,500 | 46,855 | 0,355 | 46,950 | 0,450 | 45,000 | 45,315 | 0,315 |
| | x 8 | 49,000 | 44,000 | 44,530 | 0,530 | 44,670 | 0,670 | 40,000 | 40,630 | 0,630 |
| Tr 50 | x 3 | 50,500 | 48,500 | 48,855 | 0,355 | 48,950 | 0,450 | 47,000 | 47,315 | 0,315 |
| | x 8 | 51,000 | 46,000 | 46,530 | 0,530 | 46,670 | 0,670 | 42,000 | 42,630 | 0,630 |
| Tr 52 | x 3 | 52,500 | 50,500 | 50,855 | 0,355 | 50,950 | 0,450 | 49,000 | 49,315 | 0,315 |
| | x 8 | 53,000 | 48,000 | 48,530 | 0,530 | 48,670 | 0,670 | 44,000 | 44,630 | 0,630 |
| Tr 55 | x 3 | 55,500 | 53,500 | 53,855 | 0,350 | 53,950 | 0,450 | 52,000 | 52,315 | 0,315 |
| | x 9 | 56,000 | 50,500 | 51,060 | 0,560 | 51,210 | 0,710 | 46,000 | 46,670 | 0,670 |
| Tr 60 | x 3 | 60,500 | 58,500 | 58,855 | 0,355 | 58,950 | 0,450 | 57,000 | 57,315 | 0,315 |
| | x 9 | 61,000 | 55,500 | 56,060 | 0,560 | 56,210 | 0,710 | 51,000 | 51,670 | 0,670 |

Maße in mm

## Außengewinde (eingängig), Grenzmaße




| | |
|---|---|
| d | Außendurchmesser des Außengewindes |
| $d_2$ | Flankendurchmesser des Außengewindes |
| $d_2 - A_0$ | Flankendurchmesser max. des Außengewindes ($d_2$ max.) |
| $d_3$ | Kerndurchmesser des Außengewindes |
| $T_d$ | Toleranz für den Außendurchmesser des Außengewindes |
| $T_{d2}$ | Toleranz für den Flankendurchmesser des Außengewindes |
| $T_{d3}$ | Toleranz für den Kerndurchmesser des Außengewindes ($T_{d3} = d_3$ max. – $d_3$ min.) |

Grundabmaß $A_0$ siehe Seite 540

Bezeichnungsbeispiel für Außengewinde eingängig:

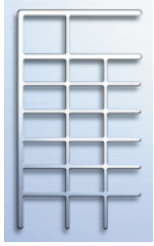
Tr 40 x 7 – 7e

Bezeichnungsbeispiel für Außengewinde mehrgängig:

Tr 40 x 28 P7 – 7H[1)]

$\frac{Ph}{P} = \frac{28}{7}$ = viergängiges Gewinde

[1)] Für mehrgängige Trapezgewinde sind besondere Toleranzen nach DIN 103-3 festgelegt.

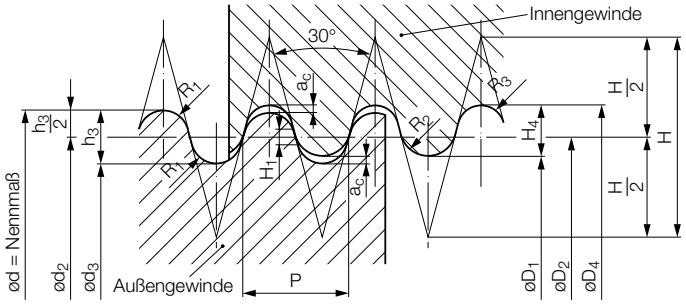


| Gewinde- Nenn-ø | x | Stgg. P | Außendurchmesser d Nenn-außen-ø = $d_2$ max. | $d$ min. | $T_d$ | Flankendurchmesser $d_2$ Nennfl.-durchm. = $d_2$ | $d_2$ max. ($d_2 - A_0$) 7e, 8e | 7e $d_2$ min. | 7e $T_{d2}$ | 8e $d_2$ min. | 8e $T_{d2}$ | Kerndurchmesser $d_3$ $d_3$ max. 7e, 8e | $d_3$ min. 7e | $d_3$ min. 8e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tr 8 | x | 1,5 | 8,000 | 7,850 | 0,150 | 7,250 | 7,183 | 7,013 | 0,170 | 6,971 | 0,212 | 6,200 | 5,921 | 5,868 |
| Tr 9 | x | 1,5 | 9,000 | 8,850 | 0,150 | 8,250 | 8,183 | 8,013 | 0,170 | 7,971 | 0,212 | 7,200 | 6,921 | 6,868 |
| | x | 2 | 9,000 | 8,820 | 0,180 | 8,000 | 7,929 | 7,739 | 0,190 | 7,693 | 0,236 | 6,500 | 6,191 | 6,134 |
| Tr 10 | x | 1,5 | 10,000 | 9,850 | 0,150 | 9,250 | 9,183 | 9,013 | 0,170 | 8,971 | 0,212 | 8,200 | 7,921 | 7,868 |
| | x | 2 | 10,000 | 9,820 | 0,180 | 9,000 | 8,929 | 8,739 | 0,190 | 8,693 | 0,236 | 7,500 | 7,191 | 7,134 |
| Tr 11 | x | 2 | 11,000 | 10,820 | 0,180 | 10,000 | 9,929 | 9,739 | 0,190 | 9,693 | 0,236 | 8,500 | 8,191 | 8,134 |
| | x | 3 | 11,000 | 10,764 | 0,236 | 9,500 | 9,415 | 9,203 | 0,212 | 9,150 | 0,265 | 7,500 | 7,150 | 7,084 |
| Tr 12 | x | 2 | 12,000 | 11,820 | 0,180 | 11,000 | 10,929 | 10,729 | 0,200 | 10,679 | 0,250 | 9,500 | 9,179 | 9,117 |
| | x | 3 | 12,000 | 11,764 | 0,236 | 10,500 | 10,415 | 10,191 | 0,224 | 10,135 | 0,280 | 8,500 | 8,135 | 8,065 |
| Tr 14 [2] | x | 2 | 14,000 | 13,820 | 0,180 | 13,000 | 12,929 | 12,729 | 0,200 | 12,679 | 0,250 | 11,500 | 11,179 | 11,117 |
| | x | 3 | 14,000 | 13,764 | 0,236 | 12,500 | 12,415 | 12,191 | 0,224 | 12,135 | 0,280 | 10,500 | 10,135 | 10,065 |
| Tr 16 | x | 2 | 16,000 | 15,820 | 0,180 | 15,000 | 14,929 | 14,729 | 0,200 | 14,679 | 0,250 | 13,500 | 13,179 | 13,117 |
| | x | 4 | 16,000 | 15,700 | 0,300 | 14,000 | 13,905 | 13,640 | 0,265 | 13,570 | 0,335 | 11,500 | 11,074 | 10,986 |
| Tr 18 | x | 2 | 18,000 | 17,820 | 0,180 | 17,000 | 16,929 | 16,729 | 0,200 | 16,679 | 0,250 | 15,500 | 15,179 | 15,117 |
| | x | 4 | 18,000 | 17,700 | 0,300 | 16,000 | 15,905 | 15,640 | 0,265 | 15,570 | 0,335 | 13,500 | 13,074 | 12,986 |
| Tr 20 | x | 2 | 20,000 | 19,820 | 0,180 | 19,000 | 18,929 | 18,729 | 0,200 | 18,679 | 0,250 | 17,500 | 17,179 | 17,117 |
| | x | 4 | 20,000 | 19,700 | 0,300 | 18,000 | 17,905 | 17,640 | 0,265 | 17,570 | 0,335 | 15,500 | 15,074 | 14,986 |
| Tr 22 | x | 3 | 22,000 | 21,764 | 0,236 | 20,500 | 20,415 | 20,191 | 0,224 | 20,135 | 0,280 | 18,500 | 18,135 | 18,065 |
| | x | 5 | 22,000 | 21,665 | 0,335 | 19,500 | 19,394 | 19,114 | 0,280 | 19,039 | 0,355 | 16,500 | 16,044 | 15,950 |
| Tr 24 | x | 3 | 24,000 | 23,764 | 0,236 | 22,500 | 22,415 | 22,165 | 0,250 | 22,100 | 0,315 | 20,500 | 20,103 | 20,021 |
| | x | 5 | 24,000 | 23,665 | 0,335 | 21,500 | 21,394 | 21,094 | 0,300 | 21,019 | 0,375 | 18,500 | 18,019 | 17,925 |
| Tr 26 | x | 3 | 26,000 | 25,764 | 0,236 | 24,500 | 24,415 | 24,165 | 0,250 | 24,100 | 0,315 | 22,500 | 22,103 | 22,021 |
| | x | 5 | 26,000 | 25,665 | 0,335 | 23,500 | 23,394 | 23,094 | 0,300 | 23,019 | 0,375 | 20,500 | 20,019 | 19,925 |
| Tr 28 | x | 3 | 28,000 | 27,764 | 0,236 | 26,500 | 26,415 | 26,165 | 0,250 | 26,100 | 0,315 | 24,500 | 24,103 | 24,021 |
| | x | 5 | 28,000 | 27,665 | 0,335 | 25,500 | 25,394 | 25,094 | 0,300 | 25,019 | 0,375 | 22,500 | 22,019 | 21,925 |
| Tr 30 | x | 3 | 30,000 | 29,764 | 0,236 | 28,500 | 28,415 | 28,165 | 0,250 | 28,100 | 0,315 | 26,500 | 26,103 | 26,021 |
| | x | 6 | 30,000 | 29,625 | 0,375 | 27,000 | 26,882 | 26,547 | 0,335 | 26,457 | 0,425 | 23,000 | 22,463 | 22,351 |
| Tr 32 | x | 3 | 32,000 | 31,764 | 0,236 | 30,500 | 30,415 | 30,165 | 0,250 | 30,100 | 0,315 | 28,500 | 28,103 | 28,021 |
| | x | 6 | 32,000 | 31,625 | 0,375 | 29,000 | 28,882 | 28,547 | 0,335 | 28,457 | 0,425 | 25,000 | 24,463 | 24,351 |
| Tr 34 | x | 3 | 34,000 | 33,764 | 0,236 | 32,500 | 32,415 | 32,165 | 0,250 | 32,100 | 0,315 | 30,500 | 30,103 | 30,021 |
| | x | 6 | 34,000 | 33,625 | 0,375 | 31,000 | 30,882 | 30,547 | 0,335 | 30,457 | 0,425 | 27,000 | 26,463 | 26,351 |
| Tr 36 | x | 3 | 36,000 | 35,764 | 0,236 | 34,500 | 34,415 | 34,165 | 0,250 | 34,100 | 0,315 | 32,500 | 32,103 | 32,021 |
| | x | 6 | 36,000 | 35,625 | 0,375 | 33,000 | 32,882 | 32,547 | 0,335 | 32,457 | 0,425 | 29,000 | 28,463 | 28,351 |
| Tr 38 | x | 3 | 38,000 | 37,764 | 0,236 | 36,500 | 36,415 | 36,165 | 0,250 | 36,100 | 0,315 | 34,500 | 34,103 | 34,021 |
| | x | 7 | 38,000 | 37,575 | 0,425 | 34,500 | 34,375 | 34,020 | 0,355 | 33,925 | 0,450 | 30,000 | 29,431 | 29,312 |
| Tr 40 | x | 3 | 40,000 | 39,764 | 0,236 | 38,500 | 38,415 | 38,165 | 0,250 | 38,100 | 0,315 | 36,500 | 36,103 | 36,021 |
| | x | 7 | 40,000 | 39,575 | 0,425 | 36,500 | 36,375 | 36,020 | 0,355 | 35,925 | 0,450 | 32,000 | 31,431 | 31,312 |
| Tr 42 | x | 3 | 42,000 | 41,764 | 0,236 | 40,500 | 40,415 | 40,165 | 0,250 | 40,100 | 0,315 | 38,500 | 38,103 | 38,021 |
| | x | 7 | 42,000 | 41,575 | 0,425 | 38,500 | 38,375 | 38,020 | 0,355 | 37,925 | 0,450 | 34,000 | 33,431 | 33,312 |
| Tr 44 | x | 3 | 44,000 | 43,764 | 0,236 | 42,500 | 42,415 | 42,165 | 0,250 | 42,100 | 0,315 | 40,500 | 40,103 | 40,021 |
| | x | 7 | 44,000 | 43,575 | 0,425 | 40,500 | 40,375 | 40,020 | 0,355 | 39,925 | 0,450 | 36,000 | 35,431 | 35,312 |
| Tr 46 | x | 3 | 46,000 | 45,764 | 0,236 | 44,500 | 44,415 | 44,150 | 0,265 | 44,080 | 0,335 | 42,500 | 42,084 | 41,996 |
| | x | 8 | 46,000 | 45,550 | 0,450 | 42,000 | 41,868 | 41,468 | 0,400 | 41,368 | 0,500 | 37,000 | 36,368 | 36,243 |
| Tr 48 | x | 3 | 48,000 | 47,764 | 0,236 | 46,500 | 46,415 | 46,150 | 0,265 | 46,080 | 0,335 | 44,500 | 44,084 | 43,996 |
| | x | 8 | 48,000 | 47,550 | 0,450 | 44,000 | 43,868 | 43,468 | 0,400 | 43,368 | 0,500 | 39,000 | 38,368 | 38,243 |
| Tr 50 | x | 3 | 50,000 | 49,764 | 0,236 | 48,500 | 48,415 | 48,150 | 0,265 | 48,080 | 0,335 | 46,500 | 46,084 | 45,996 |
| | x | 8 | 50,000 | 49,550 | 0,450 | 46,000 | 45,868 | 45,468 | 0,400 | 45,368 | 0,500 | 41,000 | 40,368 | 40,243 |
| Tr 52 | x | 3 | 52,000 | 51,764 | 0,236 | 50,500 | 50,415 | 50,150 | 0,265 | 50,080 | 0,335 | 48,500 | 48,084 | 47,996 |
| | x | 8 | 52,000 | 51,550 | 0,450 | 48,000 | 47,868 | 47,468 | 0,400 | 47,368 | 0,500 | 43,000 | 42,368 | 42,243 |
| Tr 55 | x | 3 | 55,000 | 54,764 | 0,236 | 53,500 | 53,415 | 53,150 | 0,265 | 53,080 | 0,335 | 51,500 | 51,084 | 50,996 |
| | x | 9 | 55,000 | 54,500 | 0,500 | 50,500 | 50,360 | 49,935 | 0,425 | 49,830 | 0,530 | 45,000 | 44,329 | 44,197 |
| Tr 60 | x | 3 | 60,000 | 59,764 | 0,236 | 58,500 | 58,415 | 58,150 | 0,265 | 58,080 | 0,335 | 56,500 | 56,084 | 55,996 |
| | x | 9 | 60,000 | 59,500 | 0,500 | 55,500 | 55,360 | 54,935 | 0,425 | 54,830 | 0,530 | 50,000 | 49,329 | 49,197 |

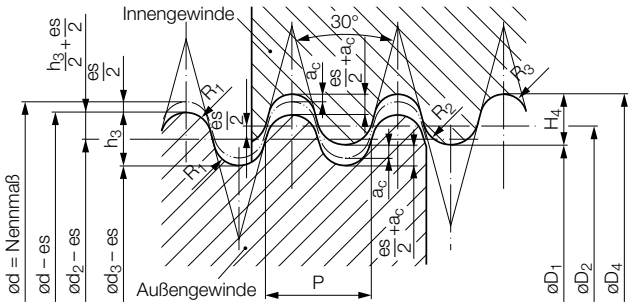
## 15.15 Rundgewinde (Auszug aus DIN 405)

### Nennprofile

Das Rundgewinde nach dieser Norm hat unterschiedliche Nennprofile für Außen- und Innengewinde. Beim Außengewinde sind die Rundungsradien an den Gewindespitzen und im Gewindegrund gleich, beim Innengewinde verschieden. Von den Nennprofilen leiten sich die Maße für Außen-, Flanken- und Kerndurchmesser ab.




**Nennprofile für Außen- und Innengewinde mit Spiel $a_c$ im Außen- und Kerndurchmesser und ohne Grundabmaß es im Flankendurchmesser (Nennmaße)**




**Profile für Außen- und Innengewinde mit Grundabmaß es und Spiel $a_c$ im Außen- und Kerndurchmesser**

$a_c = 0{,}05\ P$
$D_1 = D_4 - 2H_4 = D_4 - P = d - 0{,}9\ P$
$D_4 = d + 2a_c = d + 0{,}1\ P$
$d_2 = D_2 = d - 0{,}5\ P$
$d_3 = d - P$
$H = 1{,}866025\ P$
$\frac{H}{2} = 0{,}933\ P$
$H_1 = 0{,}0835\ P$
$h_3 = H_4 = 0{,}5\ P$
$R_1 = 0{,}238507\ P$
$R_2 = 0{,}255967\ P$
$R_3 = 0{,}221047\ P$

| P Kurzzeichen | | Anzahl der Teilungen auf 25,4 mm | $a_c$ | H | $h_3 = H_4$ | $H_1$ | $R_1$ | $R_2$ | $R_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1/10 | 2,54 | 10 | 0,127 | 4,739704 | 1,27 | 0,212103 | 0,605808 | 0,650156 | 0,561459 |
| 1/8 | 3,175 | 8 | 0,15875 | 5,924629 | 1,5875 | 0,265128 | 0,75726 | 0,812695 | 0,701824 |
| 1/6 | 4,233 | 6 | 0,211667 | 7,898884 | 2,1165 | 0,353477 | 1,0096 | 1,083508 | 0,935692 |
| 1/4 | 6,35 | 4 | 0,3175 | 11,849259 | 3,175 | 0,530257 | 1,514519 | 1,62539 | 1,403648 |

Maße in mm

### Bezeichnung

Die vollständige Bezeichnung für ein Gewinde enthält die Kennbuchstaben für das Gewindesystem, den Gewinde-Nenndurchmesser, die Steigung sowie eine Bezeichnung der Toleranzklasse des Gewindes, gefolgt von weiteren notwendigen Einzelheiten. Das Fehlen der Bezeichnung für die Toleranzklassen bedeutet, dass die Toleranzklasse 7H 6H für Innengewinde und die Toleranzklasse 7h 6h für Außengewinde festgelegt ist.
Die Bezeichnung für die Toleranzklasse des Rundgewindes enthält eine Angabe für die Toleranzklasse des Flankendurchmessers, gefolgt von einer Toleranzklasse für den Kerndurchmesser des Innengewindes oder für den Außendurchmesser des Außengewindes.
Sind die beiden Bezeichnungen der Toleranzklassen für den Flankendurchmesser und den Kerndurchmesser des Innengewindes oder für den Flankendurchmesser und den Außendurchmesser des Außengewindes gleich, so werden die Kurzzeichen nicht wiederholt.

Bezeichnungsbeispiel für ein eingängiges Außen-Rundgewinde mit einem Gewinde-Nenndurchmesser von 40 mm und dem Kurzzeichen für die Steigung von 1/6

Rd 40 x 1/6 – 7h 6h
- 7h: Toleranz für den Flankendurchmesser
- 6h: Toleranz für den Außendurchmesser

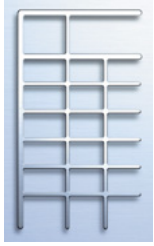
Bezeichnungsbeispiel für ein eingängiges Innen-Rundgewinde mit einem Gewinde-Nenndurchmesser von 40 mm und dem Kurzzeichen für die Steigung von 1/6

Rd 40 x 1/6 – 7H 6H
- 7H: Toleranz für den Flankendurchmesser
- 6H: Toleranz für den Außendurchmesser

Bezeichnungsbeispiel für ein zweigängiges Rundgewinde:

Rd 40 x 1/3 P 1/6

$\frac{\text{Steigung Ph}}{\text{Teilung P}} = \frac{1/3}{1/6}$ = zweigängiges Gewinde



| Gewinde-Nenndurchmesser d | | Anzahl der Teilungen auf 25,4 mm | Steigung | Flanken-durchmesser | Außen-durchmesser | Kerndurchmesser | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Reihe 1 | Reihe 2 | | P | $d_2 = D_2$ | $D_4$ | $d_3$ | $D_1$ |
| 8 | | 10 | 2,54 | 6,73 | 8,254 | 5,46 | 5,714 |
| 9 | | 10 | 2,54 | 7,73 | 9,254 | 6,46 | 6,714 |
| 10 | | 10 | 2,54 | 8,73 | 10,254 | 7,46 | 7,714 |
| 11 | | 10 | 2,54 | 9,73 | 11,254 | 8,46 | 8,714 |
| 12 | | 10 | 2,54 | 10,73 | 12,254 | 9,46 | 9,714 |
| 14 | | 8 | 3,175 | 12,412 | 14,318 | 10,825 | 11,142 |
| 16 | | 8 | 3,175 | 14,412 | 16,318 | 12,825 | 13,142 |
| 18 | | 8 | 3,175 | 16,412 | 18,318 | 14,825 | 15,142 |
| 20 | | 8 | 3,175 | 18,412 | 20,318 | 16,825 | 17,142 |
| 22 | | 8 | 3,175 | 20,412 | 22,318 | 18,825 | 19,142 |
| 24 | | 8 | 3,175 | 22,412 | 24,318 | 20,825 | 21,142 |
| 26 | | 8 | 3,175 | 24,412 | 26,318 | 22,825 | 23,142 |
| 28 | | 8 | 3,175 | 26,412 | 28,318 | 24,825 | 25,142 |
| 30 | | 8 | 3,175 | 28,412 | 30,318 | 26,825 | 27,142 |
| 32 | | 8 | 3,175 | 30,412 | 32,318 | 28,825 | 29,142 |
| | 34 | 8 | 3,175 | 32,412 | 34,318 | 30,825 | 31,142 |
| 36 | | 8 | 3,175 | 34,412 | 36,318 | 32,825 | 33,142 |
| | 38 | 8 | 3,175 | 36,412 | 38,318 | 34,825 | 35,142 |
| 40 | | 6 | 4,233 | 37,883 | 40,423 | 35,767 | 36,19 |
| | 42 | 6 | 4,233 | 39,883 | 42,423 | 37,767 | 38,19 |
| 44 | | 6 | 4,233 | 41,883 | 44,423 | 39,767 | 40,19 |
| | 46 | 6 | 4,233 | 43,883 | 46,423 | 41,767 | 42,19 |
| 48 | | 6 | 4,233 | 45,883 | 48,423 | 43,767 | 44,19 |
| | 50 | 6 | 4,233 | 47,883 | 50,423 | 45,767 | 46,19 |
| 52 | | 6 | 4,233 | 49,883 | 52,423 | 47,767 | 48,19 |
| 55 | | 6 | 4,233 | 52,883 | 55,423 | 50,767 | 51,19 |
| | 58 | 6 | 4,233 | 55,883 | 58,423 | 53,767 | 54,19 |
| 60 | | 6 | 4,233 | 57,883 | 60,423 | 55,767 | 56,19 |
| | 62 | 6 | 4,233 | 59,883 | 62,423 | 57,767 | 58,19 |
| 65 | | 6 | 4,233 | 62,883 | 65,423 | 60,767 | 61,19 |
| | 68 | 6 | 4,233 | 65,883 | 68,423 | 63,767 | 64,19 |
| 70 | | 6 | 4,233 | 67,883 | 70,423 | 65,767 | 66,19 |
| | 72 | 6 | 4,233 | 69,883 | 72,423 | 67,767 | 68,19 |
| 75 | | 6 | 4,233 | 72,883 | 75,423 | 70,767 | 71,19 |
| | 78 | 6 | 4,233 | 75,883 | 78,423 | 73,767 | 74,19 |
| 80 | | 6 | 4,233 | 77,883 | 80,423 | 75,767 | 76,19 |
| | 82 | 6 | 4,233 | 79,883 | 82,423 | 77,767 | 78,19 |
| 85 | | 6 | 4,233 | 82,883 | 85,423 | 80,767 | 81,19 |
| | 88 | 6 | 4,233 | 85,883 | 88,423 | 83,767 | 84,19 |
| 90 | | 6 | 4,233 | 87,883 | 90,423 | 85,767 | 86,19 |
| | 92 | 6 | 4,233 | 89,883 | 92,423 | 87,767 | 88,19 |
| 95 | | 6 | 4,233 | 92,883 | 95,423 | 90,767 | 91,19 |
| | 98 | 6 | 4,233 | 95,883 | 98,423 | 93,767 | 94,19 |
| 100 | | 6 | 4,233 | 97,883 | 100,423 | 95,767 | 96,19 |
| | 105 | 4 | 6,35 | 101,825 | 105,635 | 98,65 | 99,285 |
| 110 | | 4 | 6,35 | 106,825 | 110,635 | 103,65 | 104,285 |
| | 115 | 4 | 6,35 | 111,825 | 115,635 | 108,65 | 109,285 |
| 120 | | 4 | 6,35 | 116,825 | 120,635 | 113,65 | 114,285 |

Maße in mm



# Gewindetabellen

## Toleranzgrade für Außen-, Flanken- und Kerndurchmesser

| Gewinde-durchmesser | Toleranz-grade |
|---|---|
| $D_1$ | 6, 7 |
| d | 6, 7 |
| $d_3$ | 7, 8 |
| $D_2$ | 7, 8 |
| $d_2$ | 6[1)], 7, 8 |

[1)] Der Toleranzgrad 6 wird nur für die Berechnung der Toleranzen der Toleranzgrade 7 und 8 benötigt.

## Toleranzfeldlagen

Toleranzfeldlagen sind wie folgt genormt:
für das Innengewinde: H mit Grundabmaß EI = 0
für das Außengewinde: h mit Grundabmaß es = 0
e mit negativem Grundabmaß

## Grundabmaße es und EI

| Steigung P mm | Grundabmaße Innengewinde $D_2, D_1$ H EI µm | Grundabmaße Außengewinde $d_1, d_2, d_3$ e es µm | Grundabmaße Außengewinde $d_1, d_2, d_3$ h es µm |
|---|---|---|---|
| 2,54 | 0 | - 78 | 0 |
| 3,175 | 0 | - 85 | 0 |
| 4,233 | 0 | - 97 | 0 |
| 6,35 | 0 | -120 | 0 |

## Toleranzen für den Außendurchmesser des Außengewindes ($T_d$)

| Steigung P mm | $T_d$ für Toleranzgrad 6 µm | $T_d$ für Toleranzgrad 7 µm |
|---|---|---|
| 2,54 | 335 | 425 |
| 3,175 | 375 | 475 |
| 4,233 | 475 | 600 |
| 6,35 | 630 | 800 |

## Toleranzen für den Kerndurchmesser des Innengewindes ($T_{D1}$)

| Steigung P mm | $T_{D1}$ für Toleranzgrad 6 µm | $T_{D1}$ für Toleranzgrad 7 µm |
|---|---|---|
| 2,54 | 450 | 560 |
| 3,175 | 530 | 670 |
| 4,233 | 630 | 800 |
| 6,35 | 850 | 1060 |

## Toleranzen für den Kerndurchmesser des Außengewindes ($T_{d3}$)

| Gewinde-Nenndurchmesser d mm über | Gewinde-Nenndurchmesser d mm bis | Steigung P mm | $T_{d3}$ für Toleranzgrad 7 µm | $T_{d3}$ für Toleranzgrad 8 µm |
|---|---|---|---|---|
| 7 | 12 | 2,54 | 250 | 315 |
| 12 | 38 | 3,175 | 300 | 375 |
| 38 | 100 | 4,233 | 375 | 475 |
| 100 | 200 | 6,35 | 500 | 630 |

## Toleranzen für den Außendurchmesser des Innengewindes

Für diesen Durchmesser ist keine Toleranz festgelegt.

## Toleranzen für den Flankendurchmesser des Außengewindes ($T_{d2}$)

| Gewinde-Nenndurchmesser d mm über | Gewinde-Nenndurchmesser d mm bis | Steigung P mm | $T_{d2}$ für Toleranzgrad 6 µm | $T_{d2}$ für Toleranzgrad 7 µm | $T_{d2}$ für Toleranzgrad 8 µm |
|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 12 | 2,54 | 160 | 200 | 250 |
| 12 | 38 | 3,175 | 190 | 236 | 300 |
| 38 | 100 | 4,233 | 236 | 300 | 375 |
| 100 | 200 | 6,35 | 315 | 400 | 500 |

## Toleranzen für den Flankendurchmesser des Innengewindes ($T_{D2}$)

| Gewinde-Nenndurchmesser d mm über | Gewinde-Nenndurchmesser d mm bis | Steigung P mm | $T_{D2}$ für Toleranzgrad 7 µm | $T_{D2}$ für Toleranzgrad 8 µm |
|---|---|---|---|---|
| 7 | 12 | 2,54 | 265 | 335 |
| 12 | 38 | 3,175 | 315 | 400 |
| 38 | 100 | 4,233 | 400 | 500 |
| 100 | 200 | 6,35 | 530 | 670 |

### Empfohlene Toleranzklassen

Wenn die Einschraublänge nicht festgelegt ist, wird Einschraubgruppe N empfohlen.

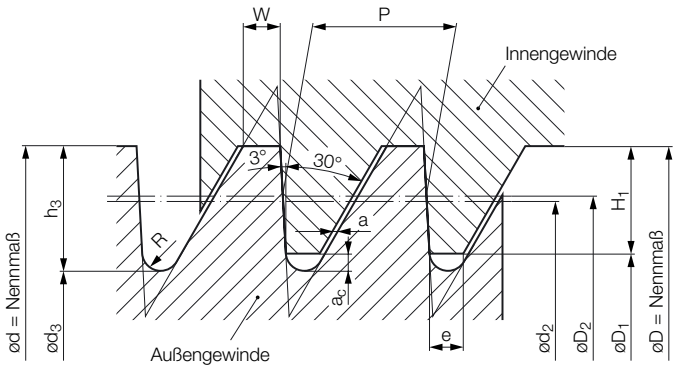
#### Innengewinde

| Einschraubgruppe: | N | L |
|---|---|---|
| Toleranzklasse für Flankendurchmesser $D_2$ | 7H | 8H |
| Toleranzklasse für Kerndurchmesser $D_1$ | 6H | 7H |

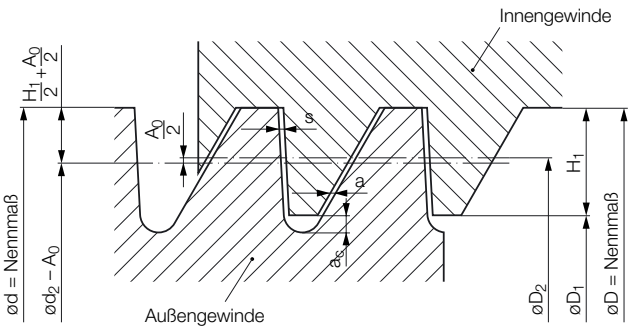
#### Außengewinde

| Einschraubgruppe: | N | L |
|---|---|---|
| Toleranzklasse für Flankendurchmesser $d_2$ | 7h<br>7e | 8h<br>8e |
| Toleranzklasse für Außendurchmesser d | 6h<br>6e | 7h<br>7e |
| Toleranzklasse für Kerndurchmesser $d_3$ | 7h<br>7e | 8h<br>8e |

## 15.16 Metrisches Sägengewinde (Auszug aus DIN 513)




**Profile für Außen- und Innengewinde mit Spiel an der nichttragenden Flanke im Kerndurchmesser und ohne Spiel zwischen den tragenden Flanken und im Außendurchmesser (Nennmaße)**




**Profile für Außen- und Innengewinde mit Spiel im Kerndurchmesser und mit Flankenspiel (System Einheits-Innengewinde) und ohne Spiel im Außendurchmesser**

$H_1$ = 0,75 P
$h_3$ = $H_1 + a_c$ = 0,86777 P
a = 0,1 x $\sqrt{P}$ (Axialspiel)
$a_c$ = 0,11777 P
w = 0,26384 P

R = 0,12427 P
e = 0,26384 P – 0,1 $\sqrt{P}$ = w – a
$D_1$ = d – 2 $H_1$ = d – 1,5 P
$d_3$ = d – 2 $h_3$
$d_2$ = d – 0,75 P

$D_2$ = d – 0,75 P + 3,1758 a
s = 0,3149 $A_0$
$A_0$ = Grundabmaß (= oberes Abmaß) für Außengewinde im Flankendurchmesser

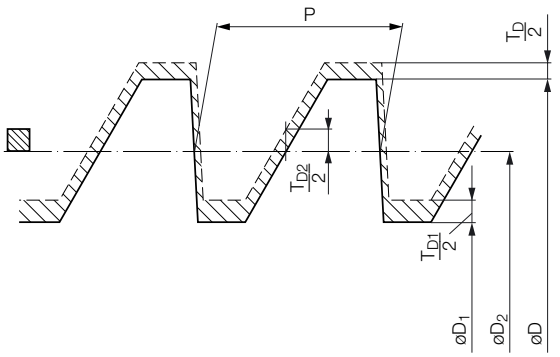
Bezeichnungsbeispiel für Innengewinde:
S 40 x 7 – 7H

Bezeichnungsbeispiel für Außengewinde:
S 40 x 7 – 7e

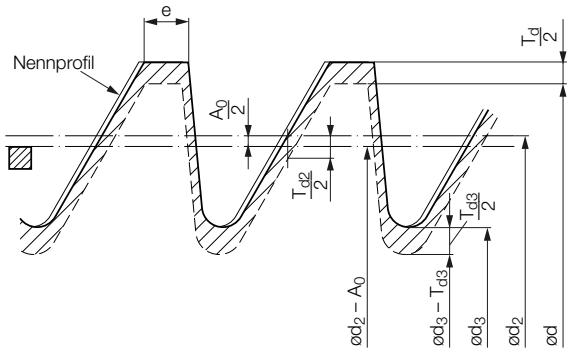
### Toleranzlagen

Folgende Toleranzlagen sind festgelegt:
Außengewinde: c für die Flankendurchmessertoleranz und h in allen Fällen für die Toleranz des Außen- und Kerndurchmessers, d.h., das Grundabmaß ist für diese beiden Durchmesser stets 0.
Innengewinde: Das Grundabmaß für Außen-, Flanken- und Kerndurchmesser ist stets 0, d.h., es ist nur die Toleranzlage H festgelegt.

# Gewindetabellen




**Innengewinde mit Toleranzlage H**




**Außengewinde mit Toleranzlage c für die Flankendurchmesser-toleranz und h für die Toleranz des Außen- und Kerndurchmessers**

## Grundabmaße $A_0$ für den Flankendurchmesser des Außengewindes

| Steigung **P** mm | **$A_0$** Toleranzlage c µm | Toleranzlage e µm |
|---|---|---|
| 2 | –150 | – 71 |
| 3 | –170 | – 85 |
| 4 | –190 | – 95 |
| 5 | –212 | –106 |
| 6 | –236 | –118 |
| 7 | –250 | –125 |
| 8 | –265 | –132 |
| 9 | –280 | –140 |
| 10 | –300 | –150 |
| 12 | –335 | –170 |
| 14 | –355 | –180 |
| 16 | –375 | –190 |

## Kerndurchmessertoleranzen $T_{D1}$ für Innengewinde

| Steigung **P** mm | **$T_{D1}$** Toleranzqualität 4 µm |
|---|---|
| 2 | 236 |
| 3 | 315 |
| 4 | 375 |
| 5 | 450 |
| 6 | 500 |
| 7 | 560 |
| 8 | 630 |
| 9 | 670 |
| 10 | 710 |
| 12 | 800 |
| 14 | 900 |
| 16 | 1000 |

## Außendurchmessertoleranzen $T_D$ für Innengewinde

| Gewinde-Nenndurchmesser mm über | bis | **$T_D$** H10 µm |
|---|---|---|
| 6 | 10 | 58 |
| 10 | 18 | 70 |
| 18 | 30 | 84 |
| 30 | 50 | 100 |
| 50 | 80 | 120 |
| 80 | 120 | 140 |

## Außendurchmessertoleranzen $T_d$ für Außengewinde

| Gewinde-Nenndurchmesser mm über | bis | **$T_d$** h9 µm |
|---|---|---|
| 6 | 10 | 36 |
| 10 | 18 | 43 |
| 18 | 30 | 52 |
| 30 | 50 | 62 |
| 50 | 80 | 74 |
| 80 | 120 | 87 |

## Empfohlene Toleranzklassen

Wenn die Einschraublänge nicht festgelegt ist, wird Einschraubgruppe N empfohlen.

### Innengewinde

| **Einschraubgruppe:** | | **N** | **L** |
|---|---|---|---|
| Toleranzklasse für Flankendurchmesser $D_2$ | mittel | 7H | 8H |
| | grob | 8H | 9H |
| Toleranzklasse für Außendurchmesser D | | H10 | |
| Toleranzklasse für Kerndurchmesser $D_1$ | | 4H | |

### Außengewinde

| **Einschraubgruppe:** | | **N** | **L** |
|---|---|---|---|
| Toleranzklasse für Flankendurchmesser $d_2$ | mittel | 7e | 8e |
| | grob | 8c | 9c |
| Toleranzklasse für Außendurchm. d | | h9 | |
| Toleranzklasse für Kerndurchm. $d_3$ | | $T_{d3} = (1{,}25 \cdot T_{d2}) + A_0$ $A_0$ (Absolutwert), $T_{d2}$ und $T_{d3}$ in µm | |

## Kerndurchmessertoleranzen $T_{d3}$ für Außengewinde

| Gewinde-Nenndurchmesser d mm über | bis | Steigung P mm | $T_{d3}$ für Toleranzlage c des Flankendurchmessers Genauigkeitsgrad 7 µm | 8 µm | 9 µm | $T_{d3}$ für Toleranzlage e des Flankendurchmessers Genauigkeitsgrad 7 µm | 8 µm | 9 µm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5,6 | 11,2 | 2 | 388 | 455 | 525 | 309 | 366 | 446 |
| | | 3 | 435 | 501 | 589 | 350 | 416 | 504 |
| 11,2 | 22,4 | 2 | 400 | 462 | 544 | 321 | 383 | 465 |
| | | 3 | 450 | 520 | 614 | 365 | 435 | 529 |
| | | 4 | 521 | 609 | 690 | 426 | 514 | 595 |
| | | 5 | 562 | 656 | 775 | 456 | 550 | 669 |
| | | 8 | 709 | 828 | 965 | 576 | 695 | 832 |
| 22,4 | 45 | 3 | 482 | 564 | 670 | 397 | 479 | 585 |
| | | 5 | 587 | 681 | 806 | 481 | 575 | 700 |
| | | 6 | 655 | 767 | 899 | 537 | 649 | 781 |
| | | 7 | 694 | 813 | 950 | 569 | 688 | 825 |
| | | 8 | 734 | 859 | 1015 | 601 | 726 | 882 |
| | | 10 | 800 | 925 | 1087 | 650 | 775 | 937 |
| | | 12 | 866 | 998 | 1223 | 691 | 823 | 1048 |
| 45 | 90 | 3 | 501 | 589 | 701 | 416 | 504 | 616 |
| | | 4 | 565 | 659 | 784 | 470 | 564 | 689 |
| | | 8 | 765 | 890 | 1052 | 632 | 757 | 919 |
| | | 9 | 811 | 943 | 1118 | 671 | 803 | 978 |
| | | 10 | 831 | 963 | 1138 | 681 | 813 | 988 |
| | | 12 | 929 | 1085 | 1273 | 754 | 910 | 1098 |
| | | 14 | 970 | 1142 | 1355 | 805 | 967 | 1180 |
| | | 16 | 1038 | 1213 | 1438 | 853 | 1028 | 1253 |
| | | 18 | 1100 | 1288 | 1525 | 900 | 1088 | 1320 |

## Flankendurchmessertoleranzen $T_{D2}$ für Innengewinde

| Gewinde-Nenn-durchmesser d mm über | bis | Steigung P mm | $T_{D2}$ Genauigkeitsgrad 7 µm | 8 µm | 9 µm |
|---|---|---|---|---|---|
| 5,6 | 11,2 | 2 | 250 | 315 | 400 |
| | | 3 | 280 | 355 | 450 |
| 11,2 | 22,4 | 2 | 265 | 335 | 425 |
| | | 3 | 300 | 375 | 475 |
| | | 4 | 355 | 450 | 560 |
| | | 5 | 375 | 475 | 600 |
| | | 8 | 475 | 600 | 750 |
| 22,4 | 45 | 3 | 335 | 425 | 530 |
| | | 5 | 400 | 500 | 630 |
| | | 6 | 450 | 560 | 710 |
| | | 7 | 475 | 600 | 750 |
| | | 8 | 500 | 630 | 800 |
| | | 10 | 530 | 670 | 850 |
| | | 12 | 560 | 710 | 900 |
| 45 | 90 | 3 | 355 | 450 | 560 |
| | | 4 | 400 | 500 | 630 |
| | | 8 | 530 | 670 | 850 |
| | | 9 | 560 | 710 | 900 |
| | | 10 | 560 | 710 | 900 |
| | | 12 | 630 | 800 | 1000 |
| | | 14 | 670 | 850 | 1060 |
| | | 16 | 710 | 900 | 1120 |
| | | 18 | 750 | 950 | 1180 |

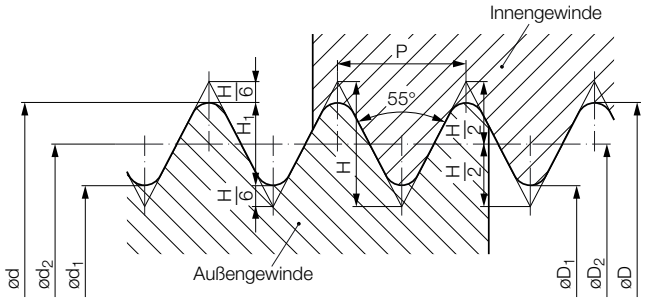
## Flankendurchmessertoleranzen $T_{d2}$ für Außengewinde

| Gewinde-Nenn-durchmesser d mm über | bis | Steigung P mm | $T_{d2}$ Genauigkeitsgrad 6 µm | 7 µm | 8 µm | 9 µm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 5,6 | 11,2 | 2 | 150 | 190 | 236 | 300 |
| | | 3 | 170 | 212 | 265 | 335 |
| 11,2 | 22,4 | 2 | 160 | 200 | 250 | 315 |
| | | 3 | 180 | 224 | 280 | 355 |
| | | 4 | 212 | 265 | 335 | 400 |
| | | 5 | 224 | 280 | 355 | 450 |
| | | 8 | 280 | 355 | 450 | 560 |
| 22,4 | 45 | 3 | 200 | 250 | 315 | 400 |
| | | 5 | 236 | 300 | 375 | 475 |
| | | 6 | 265 | 335 | 425 | 530 |
| | | 7 | 280 | 355 | 450 | 560 |
| | | 8 | 300 | 375 | 475 | 600 |
| | | 10 | 315 | 400 | 500 | 630 |
| | | 12 | 335 | 425 | 530 | 710 |
| 45 | 90 | 3 | 212 | 265 | 335 | 425 |
| | | 4 | 236 | 300 | 375 | 475 |
| | | 8 | 315 | 400 | 500 | 630 |
| | | 9 | 335 | 425 | 530 | 670 |
| | | 10 | 335 | 425 | 530 | 670 |
| | | 12 | 375 | 475 | 600 | 750 |
| | | 14 | 400 | 500 | 630 | 800 |
| | | 16 | 425 | 530 | 670 | 850 |
| | | 18 | 450 | 560 | 710 | 900 |

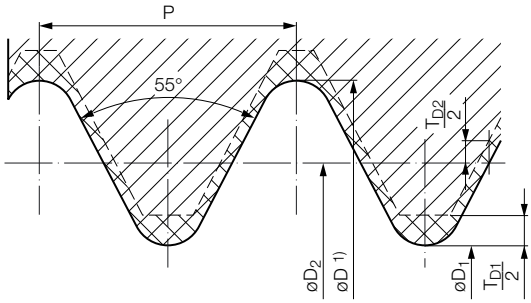
## 15.17 Whitworth-Gewinde (Auszug aus BS 84)

### 15.17.1 Whitworth-Gewinde BSW

**Nennprofil**




**Grenzprofil Innengewinde**




$P = \frac{25{,}4}{Z}$

$r = 0{,}13733\ P$

$H = 0{,}96049\ P$

$H_1 = 0{,}64033\ P$

$\frac{H}{6} = 0{,}16008\ P$

1) Das Außendurchmesser-Größtmaß des Innengewindes ist zahlenmäßig nicht festgelegt. Das Profil kann am Außendurchmesser des Innengewindes abgeflacht ausgeführt werden. Innerhalb des Grenzprofils kann auch eine Abflachung am Kerndurchmesser des Innengewindes entstehen.

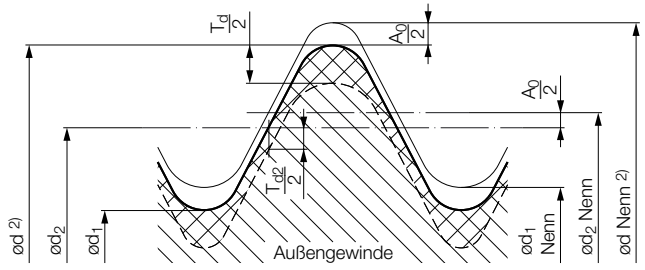
**Grenzmaße und Toleranzen des Innengewindes „medium class“**

| Gewinde-Nenn-ø | Gangzahl pro inch | Steigung | Außen-durchmesser | Flankendurchmesser $D_2$ | | | Kerndurchmesser $D_1$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Toleranz | | | Toleranz | |
| inch | Z | P mm | D min. | min. | $T_{D2}$ | max. | min. | $T_{D1}$ | max. |
| (1/16) | 60 | 0,423 | 1,588 | 1,316 | 0,056 | 1,372 | 1,045 | 0,185 | 1,230 |
| (3/32) | 48 | 0,529 | 2,381 | 2,042 | 0,064 | 2,106 | 1,704 | 0,208 | 1,912 |
| 1/8 | 40 | 0,635 | 3,175 | 2,768 | 0,074 | 2,842 | 2,362 | 0,229 | 2,591 |
| (5/32) | 32 | 0,794 | 3,969 | 3,460 | 0,079 | 3,539 | 2,952 | 0,262 | 3,214 |
| 3/16 | 24 | 1,058 | 4,763 | 4,085 | 0,089 | 4,174 | 3,407 | 0,338 | 3,745 |
| (7/32) | 24 | 1,058 | 5,556 | 4,879 | 0,091 | 4,970 | 4,201 | 0,338 | 4,539 |
| 1/4 | 20 | 1,270 | 6,350 | 5,537 | 0,099 | 5,636 | 4,724 | 0,432 | 5,156 |
| 5/16 | 18 | 1,411 | 7,938 | 7,034 | 0,107 | 7,141 | 6,130 | 0,460 | 6,590 |
| 3/8 | 16 | 1,588 | 9,525 | 8,508 | 0,114 | 8,622 | 7,492 | 0,495 | 7,987 |
| 7/16 | 14 | 1,814 | 11,113 | 9,951 | 0,122 | 10,073 | 8,789 | 0,541 | 9,330 |
| 1/2 | 12 | 2,117 | 12,700 | 11,345 | 0,132 | 11,477 | 9,989 | 0,602 | 10,591 |
| 9/16 | 12 | 2,117 | 14,288 | 12,932 | 0,135 | 13,067 | 11,577 | 0,602 | 12,179 |
| 5/8 | 11 | 2,309 | 15,875 | 14,396 | 0,142 | 14,538 | 12,918 | 0,640 | 13,558 |
| 11/16 | 11 | 2,309 | 17,463 | 15,984 | 0,147 | 16,131 | 14,505 | 0,640 | 15,145 |
| 3/4 | 10 | 2,540 | 19,050 | 17,424 | 0,152 | 17,576 | 15,797 | 0,686 | 16,483 |
| (13/16) | 10 | 2,540 | 20,638 | 19,011 | 0,157 | 19,168 | 17,385 | 0,686 | 18,071 |
| 7/8 | 9 | 2,822 | 22,225 | 20,418 | 0,163 | 20,581 | 18,611 | 0,742 | 19,353 |
| (15/16) | 9 | 2,822 | 23,813 | 22,005 | 0,165 | 22,170 | 20,198 | 0,742 | 20,940 |
| 1" | 8 | 3,175 | 25,400 | 23,367 | 0,173 | 23,540 | 21,334 | 0,813 | 22,147 |
| 1 1/8 | 7 | 3,629 | 28,575 | 26,252 | 0,183 | 26,435 | 23,928 | 0,904 | 24,832 |
| 1 1/4 | 7 | 3,629 | 31,750 | 29,427 | 0,188 | 29,615 | 27,103 | 0,904 | 28,007 |
| (1 3/8) | 6 | 4,233 | 34,925 | 32,214 | 0,198 | 32,412 | 29,504 | 1,024 | 30,528 |
| 1 1/2 | 6 | 4,233 | 38,100 | 35,389 | 0,203 | 35,592 | 32,679 | 1,024 | 33,703 |
| (1 5/8) | 5 | 5,080 | 41,275 | 38,022 | 0,213 | 38,235 | 34,769 | 1,194 | 35,963 |
| 1 3/4 | 5 | 5,080 | 44,450 | 41,197 | 0,218 | 41,415 | 37,944 | 1,194 | 39,138 |
| (1 7/8) | 4 1/2 | 5,644 | 47,625 | 44,011 | 0,226 | 44,237 | 40,396 | 1,306 | 41,702 |
| 2" | 4 1/2 | 5,644 | 50,800 | 47,186 | 0,231 | 47,417 | 43,571 | 1,306 | 44,877 |
| (2 1/8) | 4 1/2 | 5,644 | 53,975 | 50,361 | 0,236 | 50,597 | 46,746 | 1,306 | 48,052 |
| 2 1/4 | 4 | 6,350 | 57,150 | 53,084 | 0,244 | 53,328 | 49,019 | 1,448 | 50,466 |
| 2 1/2 | 4 | 6,350 | 63,500 | 59,434 | 0,254 | 59,688 | 55,368 | 1,448 | 56,816 |
| 2 3/4 | 3 1/2 | 7,257 | 69,850 | 65,203 | 0,264 | 65,467 | 60,556 | 1,628 | 62,184 |
| 3" | 3 1/2 | 7,257 | 76,200 | 71,553 | 0,274 | 71,827 | 66,906 | 1,628 | 68,534 |
| 3 1/4 | 3 1/4 | 7,815 | 82,550 | 77,546 | 0,282 | 77,828 | 72,541 | 1,740 | 74,281 |
| 3 1/2 | 3 1/4 | 7,815 | 88,900 | 83,896 | 0,290 | 84,186 | 78,891 | 1,740 | 80,631 |
| 3 3/4 | 3 | 8,467 | 95,250 | 89,829 | 0,300 | 90,129 | 84,407 | 1,872 | 86,279 |
| 4" | 3 | 8,467 | 101,600 | 96,179 | 0,307 | 96,486 | 90,757 | 1,872 | 92,629 |
| (4 1/4) | 2 7/8 | 8,835 | 107,950 | 102,293 | 0,315 | 102,608 | 96,636 | 1,946 | 98,582 |
| 4 1/2 | 2 7/8 | 8,835 | 114,300 | 108,643 | 0,320 | 108,963 | 102,986 | 1,946 | 104,932 |
| (4 3/4) | 2 3/4 | 9,236 | 120,650 | 114,736 | 0,328 | 115,064 | 108,821 | 2,024 | 110,845 |
| 5" | 2 3/4 | 9,236 | 127,000 | 121,086 | 0,333 | 121,419 | 115,171 | 2,024 | 117,195 |
| (5 1/4) | 2 5/8 | 9,676 | 133,350 | 127,154 | 0,340 | 127,494 | 120,958 | 2,113 | 124,071 |
| 5 1/2 | 2 5/8 | 9,676 | 139,700 | 133,504 | 0,348 | 133,852 | 127,308 | 2,113 | 129,421 |
| (5 3/4) | 2 1/2 | 10,160 | 146,050 | 139,544 | 0,353 | 139,897 | 133,039 | 2,210 | 135,249 |
| 6" | 2 1/2 | 10,160 | 152,400 | 145,894 | 0,358 | 146,252 | 139,389 | 2,210 | 141,599 |

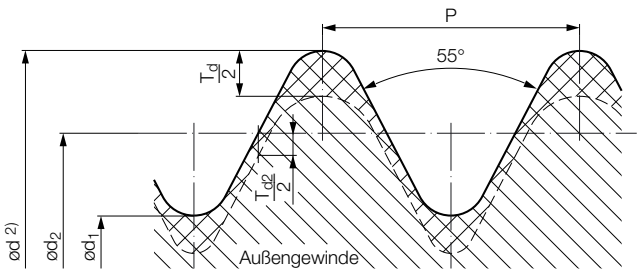
Eingeklammerte Größen vermeiden!

Maße in mm

## Grenzprofile Außengewinde




**Profil bis 3/4 inch mit Grundabmaß (Spiel)**




**Profil über 3/4 inch (ohne Grundabmaß)**

2) Innerhalb des Grenzprofils kann auch eine Abflachung am Außendurchmesser des Außengewindes entstehen.

Bezeichnungsbeispiel:

1/2 - 12 BSW, med. Cl.

## Grenzmaße und Toleranzen des Außengewindes „medium class“

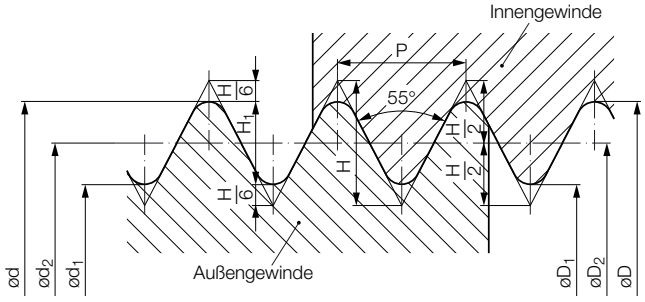
| Gewinde-Nenn-ø | Gangzahl pro inch | Steigung | Grundabmaß | Außendurchmesser d | | | Flankendurchmesser $d_2$ | | | Kerndurchmesser $d_1$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Toleranz | | | Toleranz | | | |
| inch | Z | mm | $A_0$ (Spiel) | min. | $T_d$ | max. | min. | $T_{d2}$ | max. | min. | max. |
| (1/16) | 60 | 0,423 | 0,030 | 1,558 | 0,089 | 1,469 | 1,286 | 0,056 | 1,230 | 1,015 | 0,893 |
| (3/32) | 48 | 0,529 | 0,030 | 2,351 | 0,099 | 2,252 | 2,012 | 0,064 | 1,948 | 1,674 | 1,537 |
| 1/8 | 40 | 0,635 | 0,030 | 3,145 | 0,114 | 3,031 | 2,738 | 0,074 | 2,664 | 2,332 | 2,177 |
| (5/32) | 32 | 0,794 | 0,030 | 3,939 | 0,124 | 3,815 | 3,430 | 0,079 | 3,351 | 2,922 | 2,754 |
| 3/16 | 24 | 1,058 | 0,030 | 4,733 | 0,140 | 4,593 | 4,055 | 0,089 | 3,966 | 3,377 | 3,184 |
| (7/32) | 24 | 1,058 | 0,030 | 5,526 | 0,142 | 5,384 | 4,849 | 0,091 | 4,758 | 4,171 | 3,975 |
| 1/4 | 20 | 1,270 | 0,030 | 6,320 | 0,155 | 6,165 | 5,507 | 0,099 | 5,408 | 4,694 | 4,481 |
| 5/16 | 18 | 1,411 | 0,033 | 7,905 | 0,168 | 7,737 | 7,001 | 0,107 | 6,894 | 6,097 | 5,871 |
| 3/8 | 16 | 1,588 | 0,036 | 9,489 | 0,178 | 9,311 | 8,472 | 0,114 | 8,358 | 7,456 | 7,215 |
| 7/16 | 14 | 1,814 | 0,038 | 11,075 | 0,191 | 10,884 | 9,913 | 0,122 | 9,791 | 8,751 | 8,494 |
| 1/2 | 12 | 2,117 | 0,038 | 12,662 | 0,206 | 12,456 | 11,307 | 0,132 | 11,175 | 9,951 | 9,672 |
| 9/16 | 12 | 2,117 | 0,041 | 14,247 | 0,208 | 14,039 | 12,891 | 0,135 | 12,756 | 11,536 | 11,254 |
| 5/8 | 11 | 2,309 | 0,043 | 15,832 | 0,218 | 15,614 | 14,353 | 0,142 | 14,211 | 12,875 | 12,580 |
| 11/16 | 11 | 2,309 | 0,043 | 17,420 | 0,224 | 17,196 | 15,941 | 0,147 | 15,794 | 14,462 | 14,162 |
| 3/4 | 10 | 2,540 | 0,046 | 19,004 | 0,234 | 18,770 | 17,378 | 0,152 | 17,226 | 15,751 | 15,439 |
| (13/16) | 10 | 2,540 | — | 20,638 | 0,239 | 20,399 | 19,011 | 0,157 | 18,854 | 17,385 | 17,067 |
| 7/8 | 9 | 2,822 | — | 22,225 | 0,246 | 21,979 | 20,418 | 0,163 | 20,255 | 18,611 | 18,278 |
| (15/16) | 9 | 2,822 | — | 23,813 | 0,249 | 23,564 | 22,005 | 0,165 | 21,840 | 20,198 | 19,863 |
| 1" | 8 | 3,175 | — | 25,400 | 0,262 | 25,138 | 23,367 | 0,173 | 23,194 | 21,334 | 20,981 |
| 1 1/8 | 7 | 3,629 | — | 28,575 | 0,279 | 28,296 | 26,252 | 0,183 | 26,069 | 23,928 | 23,552 |
| 1 1/4 | 7 | 3,629 | — | 31,750 | 0,284 | 31,466 | 29,427 | 0,188 | 29,239 | 27,103 | 26,722 |
| (1 3/8) | 6 | 4,233 | — | 34,925 | 0,302 | 34,623 | 32,214 | 0,198 | 32,016 | 29,504 | 29,098 |
| 1 1/2 | 6 | 4,233 | — | 38,100 | 0,307 | 37,793 | 35,389 | 0,203 | 35,186 | 32,679 | 32,268 |
| (1 5/8) | 5 | 5,080 | — | 41,275 | 0,328 | 40,947 | 38,022 | 0,213 | 37,809 | 34,769 | 34,330 |
| 1 3/4 | 5 | 5,080 | — | 44,450 | 0,333 | 44,117 | 41,197 | 0,218 | 40,979 | 37,944 | 37,499 |
| (1 7/8) | 4 1/2 | 5,644 | — | 47,625 | 0,345 | 47,280 | 44,011 | 0,226 | 43,785 | 40,396 | 39,931 |
| 2" | 4 1/2 | 5,644 | — | 50,800 | 0,351 | 50,449 | 47,186 | 0,231 | 46,955 | 43,571 | 43,101 |
| (2 1/8) | 4 1/2 | 5,644 | — | 53,975 | 0,356 | 53,619 | 50,361 | 0,236 | 50,125 | 46,746 | 46,271 |
| 2 1/4 | 4 | 6,350 | — | 57,150 | 0,371 | 56,779 | 53,084 | 0,244 | 52,840 | 49,018 | 48,520 |
| 2 1/2 | 4 | 6,350 | — | 63,500 | 0,381 | 63,119 | 59,434 | 0,254 | 59,180 | 55,368 | 54,860 |
| 2 3/4 | 3 1/2 | 7,257 | — | 69,850 | 0,399 | 69,451 | 65,203 | 0,264 | 64,939 | 60,556 | 60,020 |
| 3" | 3 1/2 | 7,257 | — | 76,200 | 0,409 | 75,791 | 71,553 | 0,274 | 71,279 | 66,906 | 66,360 |
| 3 1/4 | 3 1/4 | 7,815 | — | 82,550 | 0,424 | 82,126 | 77,546 | 0,282 | 77,264 | 72,541 | 71,977 |
| 3 1/2 | 3 1/4 | 7,815 | — | 88,900 | 0,432 | 88,468 | 83,896 | 0,290 | 83,606 | 78,891 | 78,319 |
| 3 3/4 | 3 | 8,467 | — | 95,250 | 0,447 | 94,803 | 89,829 | 0,300 | 89,529 | 84,407 | 83,813 |
| 4" | 3 | 8,467 | — | 101,600 | 0,452 | 101,148 | 96,179 | 0,307 | 95,872 | 90,757 | 90,158 |
| (4 1/4) | 2 7/8 | 8,835 | — | 107,950 | 0,465 | 107,485 | 102,293 | 0,315 | 101,978 | 96,636 | 96,021 |
| 4 1/2 | 2 7/8 | 8,835 | — | 114,300 | 0,470 | 113,830 | 108,643 | 0,320 | 108,323 | 102,986 | 102,366 |
| (4 3/4) | 2 3/4 | 9,236 | — | 120,650 | 0,480 | 120,170 | 114,736 | 0,328 | 114,408 | 108,821 | 108,186 |
| 5" | 2 3/4 | 9,236 | — | 127,000 | 0,488 | 126,512 | 121,086 | 0,333 | 120,753 | 115,171 | 114,531 |
| (5 1/4) | 2 5/8 | 9,676 | — | 133,350 | 0,498 | 132,852 | 127,154 | 0,340 | 126,814 | 120,958 | 120,305 |
| 5 1/2 | 2 5/8 | 9,676 | — | 139,700 | 0,503 | 139,197 | 133,504 | 0,348 | 133,156 | 127,308 | 126,648 |
| (5 3/4) | 2 1/2 | 10,160 | — | 146,050 | 0,513 | 145,537 | 139,537 | 0,353 | 139,191 | 133,039 | 132,363 |
| 6" | 2 1/2 | 10,160 | — | 152,400 | 0,521 | 151,879 | 145,894 | 0,358 | 145,536 | 139,389 | 138,708 |

Eingeklammerte Größen vermeiden!

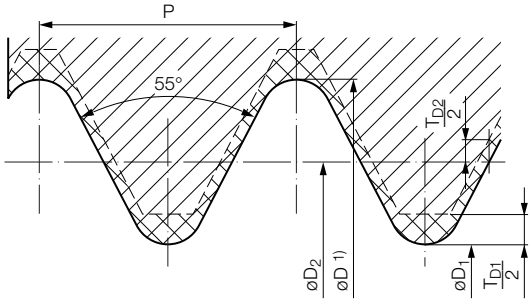
Maße in mm

## 15.17.2 Whitworth-Feingewinde BSF

### Nennprofil




### Grenzprofil Innengewinde




$P = \frac{25,4}{Z}$

$r = 0,13733\ P$

$H = 0,96049\ P$

$H_1 = 0,64033\ P$

$\frac{H}{6} = 0,16008\ P$

1) Das Außendurchmesser-Größtmaß des Innengewindes ist zahlenmäßig nicht festgelegt. Das Profil kann am Außendurchmesser des Innengewindes abgeflacht ausgeführt werden. Innerhalb des Grenzprofils kann auch eine Abflachung am Kerndurchmesser des Innengewindes entstehen.

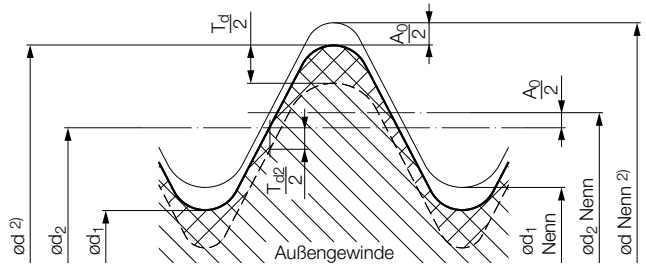
### Grenzmaße und Toleranzen des Innengewindes „medium class“

| Gewinde-Nenndurchmesser inch | Gangzahl pro inch **Z** | Steigung **P** mm | Außendurchmesser **D** min. | Flankendurchmesser $D_2$ min. | Toleranz $T_{D2}$ | Flankendurchmesser $D_2$ max. | Kerndurchmesser $D_1$ min. | Toleranz $T_{D1}$ | Kerndurchmesser $D_1$ max. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3/16 | 32 | 0,794 | 4,763 | 4,254 | 0,084 | 4,338 | 3,746 | 0,259 | 4,005 |
| (7/32) | 28 | 0,907 | 5,556 | 4,975 | 0,091 | 5,066 | 4,395 | 0,282 | 4,677 |
| 1/4 | 26 | 0,977 | 6,350 | 5,724 | 0,094 | 5,818 | 5,099 | 0,297 | 5,396 |
| (9/32) | 26 | 0,977 | 7,144 | 6,518 | 0,099 | 6,617 | 5,893 | 0,297 | 6,190 |
| 5/16 | 22 | 1,155 | 7,938 | 7,198 | 0,104 | 7,302 | 6,459 | 0,358 | 6,817 |
| 3/8 | 20 | 1,270 | 9,525 | 8,712 | 0,112 | 8,824 | 7,899 | 0,432 | 8,331 |
| 7/16 | 18 | 1,411 | 11,113 | 10,209 | 0,119 | 10,328 | 9,305 | 0,460 | 9,765 |
| 1/2 | 16 | 1,588 | 12,700 | 11,683 | 0,127 | 11,810 | 10,667 | 0,495 | 11,162 |
| 9/16 | 16 | 1,588 | 14,288 | 13,271 | 0,132 | 13,403 | 12,254 | 0,495 | 12,749 |
| 5/8 | 14 | 1,814 | 15,875 | 14,713 | 0,137 | 14,850 | 13,552 | 0,541 | 14,093 |
| (11/16) | 14 | 1,814 | 17,463 | 16,301 | 0,142 | 16,443 | 15,139 | 0,541 | 15,680 |
| 3/4 | 12 | 2,117 | 19,050 | 17,695 | 0,150 | 17,845 | 16,339 | 0,602 | 16,941 |
| (13/16) | 12 | 2,117 | 20,638 | 19,282 | 0,152 | 19,434 | 17,927 | 0,602 | 18,529 |
| 7/8 | 11 | 2,309 | 22,225 | 20,746 | 0,157 | 20,903 | 19,268 | 0,640 | 19,908 |
| 1" | 10 | 2,540 | 25,400 | 23,774 | 0,168 | 23,942 | 22,147 | 0,686 | 22,833 |
| 1 1/8 | 9 | 2,822 | 28,575 | 26,768 | 0,175 | 26,943 | 24,961 | 0,742 | 25,703 |
| 1 1/4 | 9 | 2,822 | 31,750 | 29,943 | 0,183 | 30,126 | 28,136 | 0,742 | 28,878 |
| (1 3/8) | 8 | 3,175 | 34,925 | 32,892 | 0,191 | 33,083 | 30,859 | 0,813 | 31,672 |
| 1 1/2 | 8 | 3,175 | 38,100 | 36,067 | 0,196 | 36,263 | 34,034 | 0,813 | 34,847 |
| (1 5/8) | 8 | 3,175 | 41,275 | 39,242 | 0,201 | 39,443 | 37,209 | 0,813 | 38,022 |
| 1 3/4 | 7 | 3,629 | 44,450 | 42,127 | 0,211 | 42,338 | 39,803 | 0,904 | 40,707 |
| 2" | 7 | 3,629 | 50,800 | 48,477 | 0,221 | 48,698 | 46,153 | 0,904 | 47,057 |
| 2 1/4 | 6 | 4,233 | 57,150 | 54,439 | 0,234 | 54,673 | 51,729 | 1,024 | 52,753 |
| 2 1/2 | 6 | 4,233 | 63,500 | 60,789 | 0,241 | 61,030 | 58,079 | 1,024 | 59,103 |
| 2 3/4 | 6 | 4,233 | 69,850 | 67,139 | 0,249 | 67,388 | 64,429 | 1,024 | 65,453 |
| 3" | 5 | 5,080 | 76,200 | 72,947 | 0,262 | 73,209 | 69,694 | 1,194 | 70,888 |
| 3 1/4 | 5 | 5,080 | 82,550 | 79,297 | 0,269 | 79,566 | 76,044 | 1,194 | 77,238 |
| 3 1/2 | 4 1/2 | 5,644 | 88,900 | 85,286 | 0,279 | 85,565 | 81,671 | 1,306 | 82,977 |
| 3 3/4 | 4 1/2 | 5,644 | 95,250 | 91,636 | 0,287 | 91,923 | 88,021 | 1,306 | 89,327 |
| 4" | 4 1/2 | 5,644 | 101,600 | 97,986 | 0,292 | 98,278 | 94,371 | 1,306 | 98,677 |
| 4 1/4 | 4 | 6,350 | 107,950 | 103,884 | 0,302 | 104,186 | 99,818 | 1,448 | 101,266 |

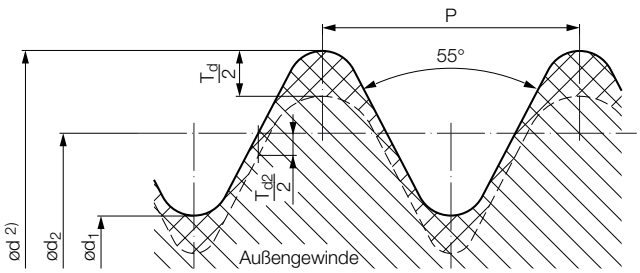
Eingeklammerte Größen vermeiden!

Maße in mm

## Grenzprofile Außengewinde




**Profil bis 3/4 inch mit Grundabmaß (Spiel)**




**Profil über 3/4 inch (ohne Grundabmaß)**

2) Innerhalb des Grenzprofils kann auch eine Abflachung am Außendurchmesser des Außengewindes entstehen.

Bezeichnungsbeispiel:

1/2 - 16 BSF, med. Cl.

## Grenzmaße und Toleranzen des Außengewindes „medium class“

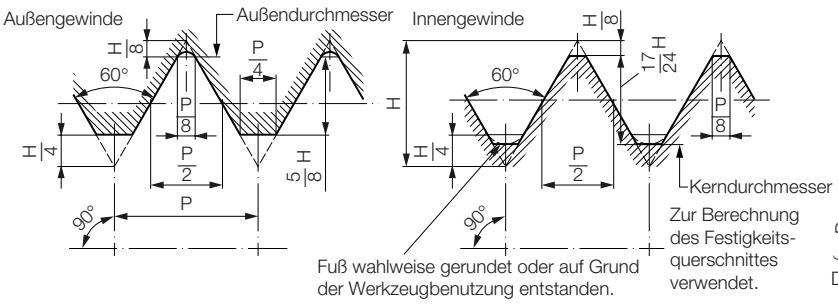
| Gewinde-Nenndurchmesser inch | Gangzahl pro inch Z | Steigung P mm | Grundabmaß $A_0$ (Spiel) | Außendurchmesser d | | | Flankendurchmesser $d_2$ | | | Kerndurchmesser $d_1$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | min. | Toleranz $T_d$ | max. | min. | Toleranz $T_{d2}$ | max. | min. | max. |
| 3/16 | 32 | 0,794 | 0,028 | 4,735 | 0,130 | 4,605 | 4,226 | 0,084 | 4,142 | 3,718 | 3,545 |
| (7/32) | 28 | 0,907 | 0,028 | 5,528 | 0,140 | 5,388 | 4,947 | 0,091 | 4,856 | 4,367 | 4,179 |
| 1/4 | 26 | 0,977 | 0,028 | 6,322 | 0,145 | 6,177 | 5,696 | 0,094 | 5,602 | 5,071 | 4,878 |
| (9/32) | 26 | 0,977 | 0,030 | 7,114 | 0,150 | 6,964 | 6,488 | 0,099 | 6,389 | 5,863 | 5,665 |
| 5/16 | 22 | 1,155 | 0,030 | 7,908 | 0,157 | 7,751 | 7,168 | 0,104 | 7,064 | 6,429 | 6,216 |
| 3/8 | 20 | 1,270 | 0,033 | 9,492 | 0,168 | 9,324 | 8,679 | 0,112 | 8,567 | 7,866 | 7,640 |
| 7/16 | 18 | 1,411 | 0,036 | 11,077 | 0,180 | 10,897 | 10,173 | 0,119 | 10,054 | 9,269 | 9,030 |
| 1/2 | 16 | 1,588 | 0,038 | 12,662 | 0,191 | 12,471 | 11,645 | 0,127 | 11,518 | 10,629 | 10,375 |
| 9/16 | 16 | 1,588 | 0,038 | 14,250 | 0,196 | 14,054 | 13,233 | 0,132 | 13,101 | 12,216 | 11,957 |
| 5/8 | 14 | 1,814 | 0,041 | 15,834 | 0,206 | 15,628 | 14,672 | 0,137 | 14,535 | 13,511 | 13,239 |
| (11/16) | 14 | 1,814 | 0,043 | 17,420 | 0,211 | 17,209 | 16,258 | 0,142 | 16,116 | 15,096 | 14,819 |
| 3/4 | 12 | 2,117 | 0,046 | 19,004 | 0,224 | 18,780 | 17,649 | 0,150 | 17,499 | 16,293 | 15,996 |
| (13/16) | 12 | 2,117 | — | 20,638 | 0,226 | 20,412 | 19,282 | 0,152 | 19,130 | 17,927 | 17,627 |
| 7/8 | 11 | 2,309 | — | 22,225 | 0,234 | 21,991 | 20,746 | 0,157 | 20,589 | 19,268 | 18,958 |
| 1" | 10 | 2,540 | — | 25,400 | 0,249 | 25,151 | 23,774 | 0,168 | 23,606 | 22,147 | 21,819 |
| 1 1/8 | 9 | 2,822 | — | 28,575 | 0,259 | 28,316 | 26,768 | 0,175 | 26,593 | 24,961 | 24,616 |
| 1 1/4 | 9 | 2,822 | — | 31,750 | 0,267 | 31,483 | 29,943 | 0,183 | 29,760 | 28,136 | 27,783 |
| (1 3/8) | 8 | 3,175 | — | 34,925 | 0,279 | 34,646 | 32,892 | 0,191 | 32,701 | 30,859 | 30,488 |
| 1 1/2 | 8 | 3,175 | — | 38,100 | 0,284 | 37,816 | 36,067 | 0,196 | 35,871 | 34,034 | 33,658 |
| (1 5/8) | 8 | 3,175 | — | 41,275 | 0,292 | 40,983 | 39,242 | 0,201 | 39,041 | 37,209 | 36,828 |
| 1 3/4 | 7 | 3,629 | — | 44,450 | 0,305 | 44,145 | 42,127 | 0,211 | 41,916 | 39,803 | 39,402 |
| 2" | 7 | 3,629 | — | 50,800 | 0,315 | 50,485 | 48,477 | 0,221 | 48,256 | 46,153 | 45,742 |
| 2 1/4 | 6 | 4,233 | — | 57,150 | 0,335 | 56,815 | 54,439 | 0,234 | 54,205 | 51,729 | 51,290 |
| 2 1/2 | 6 | 4,233 | — | 63,500 | 0,345 | 63,155 | 60,789 | 0,241 | 60,548 | 58,079 | 57,629 |
| 2 3/4 | 6 | 4,233 | — | 69,850 | 0,353 | 69,497 | 67,139 | 0,249 | 66,890 | 64,429 | 63,972 |
| 3" | 5 | 5,080 | — | 76,200 | 0,376 | 75,824 | 72,947 | 0,262 | 72,685 | 69,694 | 69,204 |
| 3 1/4 | 5 | 5,080 | — | 82,550 | 0,384 | 82,166 | 79,297 | 0,269 | 79,028 | 76,044 | 75,549 |
| 3 1/2 | 4 1/2 | 5,644 | — | 88,900 | 0,399 | 88,501 | 85,286 | 0,279 | 85,007 | 81,671 | 81,153 |
| 3 3/4 | 4 1/2 | 5,644 | — | 95,250 | 0,406 | 94,844 | 91,636 | 0,287 | 91,349 | 88,021 | 87,495 |
| 4" | 4 1/2 | 5,644 | — | 101,600 | 0,411 | 101,189 | 97,986 | 0,292 | 97,694 | 94,371 | 93,840 |
| 4 1/4 | 4 | 6,350 | — | 107,950 | 0,429 | 107,521 | 103,884 | 0,302 | 103,582 | 99,818 | 99,262 |

Eingeklammerte Größen vermeiden!

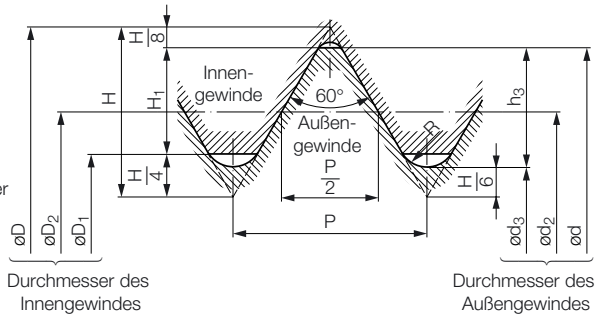
Maße in mm

## 15.18 Amerikanisches Unified-Gewinde (Auszug aus ASME B1.1)

### 15.18.1 Amerikanisches Unified-Grobgewinde UNC




**Profil des UST-Gewindes nach ASME B1.1**




**Empfohlenes Fertigungsprofil für UST-Gewinde entsprechend dem Inch-ISO-Gewinde**

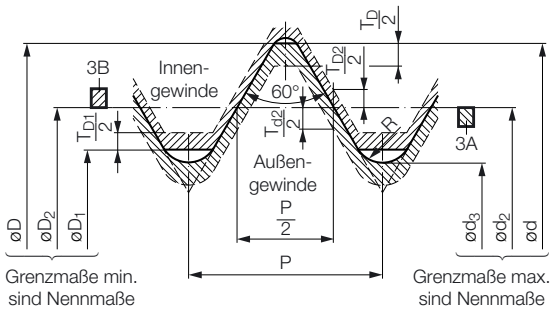
Bezeichnungsbeispiel für Innengewinde (Toleranz mittel):
1/2 - 13 UNC-2B oder .500 - 13 UNC-2B

### Gewindenenn- und Grenzmaße Unified-Grobgewinde UNC

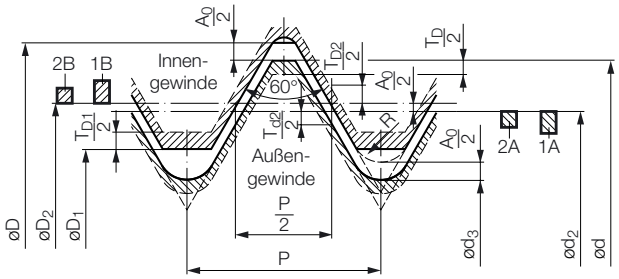
**Innengewinde mit Toleranzfelder 3B (Tol. fein), 2B (Tol. mittel), 1B (Tol. grob)**

| Gewinde-Bezeichnung (ø und Gangzahl) | Gewinde-Nenn-durchm. inch | Steigung P | Außen-durchm. D = Dmin. | Flankendurchmesser D2 | | | | Kerndurchmesser D1 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Nenn-Fl.-ø D2 = D2 min. | D2 max. | | | Nennkern-ø D1 = D1 min. | D1 max. | |
| | | | | 3B, 2B, 1B | Tol. 3B | Tol. 2B | Tol. 1B | 3B, 2B, 1B | Tol. 3B | Tol. 2B, 1B |
| Nr 1 - 64 | 0,073 | 0,397 | 1,854 | 1,598 | 1,646 | 1,664 | — | 1,425 | 1,582 | 1,582 |
| Nr. 2 - 56 | 0,086 | 0,454 | 2,184 | 1,890 | 1,943 | 1,961 | — | 1,694 | 1,872 | 1,872 |
| Nr. 3 - 48 | 0,099 | 0,529 | 2,515 | 2,172 | 2,228 | 2,248 | — | 1,941 | 2,146 | 2,146 |
| Nr. 4 - 40 | 0,112 | 0,635 | 2,845 | 2,433 | 2,494 | 2,517 | — | 2,156 | 2,385 | 2,385 |
| Nr. 5 - 40 | 0,125 | 0,635 | 3,175 | 2,764 | 2,827 | 2,847 | — | 2,487 | 2,697 | 2,697 |
| Nr. 6 - 32 | 0,138 | 0,794 | 3,505 | 2,990 | 3,058 | 3,084 | — | 2,647 | 2,896 | 2,896 |
| Nr. 8 - 32 | 0,164 | 0,794 | 4,166 | 3,650 | 3,721 | 3,746 | — | 3,307 | 3,528 | 3,531 |
| Nr. 10 - 24 | 0,190 | 1,058 | 4,826 | 4,138 | 4,219 | 4,247 | — | 3,680 | 3,950 | 3,962 |
| Nr. 12 - 24 | 0,216 | 1,058 | 5,486 | 4,798 | 4,882 | 4,910 | — | 4,341 | 4,590 | 4,597 |
| 1/4 - 20 | 0,250 | 1,270 | 6,350 | 5,524 | 5,616 | 5,648 | 5,710 | 4,976 | 5,250 | 5,258 |
| 5/16 - 18 | 0,3125 | 1,411 | 7,938 | 7,021 | 7,120 | 7,155 | 7,221 | 6,411 | 6,680 | 6,731 |
| 3/8 - 16 | 0,375 | 1,588 | 9,525 | 8,494 | 8,603 | 8,639 | 8,710 | 7,805 | 8,082 | 8,153 |
| 7/16 - 14 | 0,4375 | 1,814 | 11,112 | 9,934 | 10,051 | 10,089 | 10,168 | 9,149 | 9,441 | 9,550 |
| 1/2 - 13 | 0,500 | 1,954 | 12,700 | 11,430 | 11,552 | 11,595 | 11,676 | 10,584 | 10,881 | 11,024 |
| 9/16 - 12 | 0,5625 | 2,117 | 14,288 | 12,913 | 13,043 | 13,086 | 13,172 | 11,996 | 12,301 | 12,446 |
| 5/8 - 11 | 0,625 | 2,309 | 15,875 | 14,376 | 14,514 | 14,559 | 14,648 | 13,376 | 13,693 | 13,868 |
| 3/4 - 10 | 0,750 | 2,540 | 19,050 | 17,399 | 17,544 | 17,595 | 17,691 | 16,299 | 16,624 | 16,840 |
| 7/8 - 9 | 0,875 | 2,822 | 22,225 | 20,391 | 20,546 | 20,599 | 20,703 | 19,169 | 19,520 | 19,761 |
| 1" - 8 | 1,000 | 3,175 | 25,400 | 23,338 | 23,505 | 23,561 | 23,673 | 21,963 | 22,344 | 22,606 |
| 1 1/8 - 7 | 1,125 | 3,629 | 28,575 | 26,218 | 26,398 | 26,457 | 26,576 | 24,648 | 25,082 | 25,349 |
| 1 1/4 - 7 | 1,250 | 3,629 | 31,750 | 29,393 | 29,576 | 29,637 | 29,759 | 27,823 | 28,258 | 28,524 |
| 1 3/8 - 6 | 1,375 | 4,233 | 34,925 | 32,174 | 32,372 | 32,438 | 32,568 | 30,343 | 30,851 | 31,115 |
| 1 1/2 - 6 | 1,500 | 4,233 | 38,100 | 35,349 | 35,550 | 35,616 | 35,750 | 33,518 | 34,026 | 34,290 |
| 1 3/4 - 5 | 1,750 | 5,080 | 44,450 | 41,151 | 41,372 | 41,445 | 41,592 | 38,951 | 39,560 | 39,827 |
| 2" - 4 1/2 | 2,000 | 5,645 | 50,800 | 47,135 | 47,371 | 47,450 | 47,607 | 44,689 | 45,367 | 45,593 |
| 2 1/4 - 4 1/2 | 2,250 | 5,645 | 57,150 | 53,485 | 53,726 | 53,805 | 53,967 | 51,039 | 51,717 | 51,943 |
| 2 1/2 - 4 | 2,500 | 6,350 | 63,500 | 59,375 | 59,632 | 59,718 | 59,888 | 56,627 | 57,389 | 57,582 |
| 2 3/4 - 4 | 2,750 | 6,350 | 69,850 | 65,725 | 65,987 | 66,073 | 66,248 | 62,977 | 63,739 | 63,932 |
| 3" - 4 | 3,000 | 6,350 | 76,200 | 72,075 | 72,339 | 72,428 | 72,606 | 69,327 | 70,089 | 70,282 |
| 3 1/4 - 4 | 3,250 | 6,350 | 82,550 | 78,425 | 78,694 | 78,783 | 78,963 | 75,677 | 76,439 | 76,632 |
| 3 1/2 - 4 | 3,500 | 6,350 | 88,900 | 84,775 | 85,049 | 85,138 | 85,321 | 82,027 | 82,789 | 82,982 |
| 3 3/4 - 4 | 3,750 | 6,350 | 95,250 | 91,125 | 91,402 | 91,493 | 91,679 | 88,377 | 89,139 | 89,332 |
| 4" - 4 | 4,000 | 6,350 | 101,600 | 97,475 | 97,757 | 97,848 | 98,036 | 94,727 | 95,489 | 95,682 |

Maße in mm




**Grenzprofil mit Grundabmaß 0**
**Toleranzfelder 3A/3B**




**Grenzprofil mit Grundabmaß im Außengewinde ($A_0$)**
**Toleranzfelder 2A/2B, 1A/1B**

$H = 0{,}8660254\ P$ $\quad H_1 = \frac{5}{8} H = 0{,}54127\ P$ $\quad T_{D2} = D_{2\,max.} - D_{2\,min.}$ $\quad T_d = d_{max.} - d_{min.}$ $\quad T_{D1} = D_{1\,max.} - D_{1\,min.}$

$T_{d2} = d_{2\,max.} - d_{2\,min.}$ $\quad A_0 = d_{2\,Nenn.} - d_{2\,max.}$ $\quad h_3 = \frac{17}{24} H = 0{,}61343\ P$ $\quad R = \frac{H}{6} = 0{,}14434\ P$ $\quad R_{min.} = 0{,}125\ P \approx \frac{H}{7}$

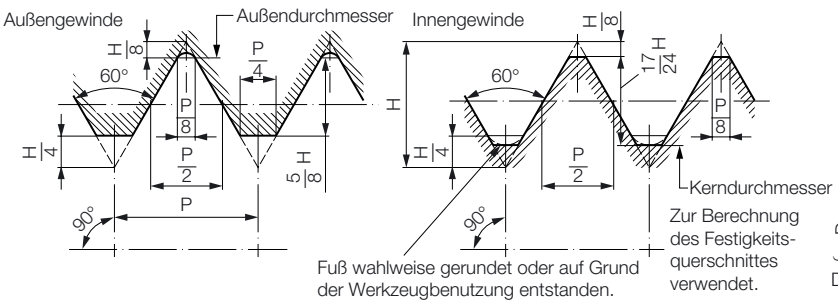
Bezeichnungsbeispiel für Außengewinde (Toleranz mittel):
1/2 - 13 UNC-2A oder .500 - 13 UNC-2A

## Gewindenenn- und Grenzmaße Unified-Grobgewinde UNC

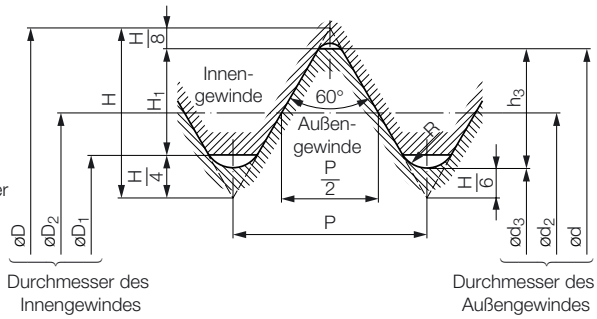
**Außengewinde mit Toleranzfelder 3A (Tol. fein), 2A (Tol. mittel), 1A (Tol. grob)**

| Gewinde-Bezeichnung (ø und Gangzahl) | Außendurchmesser **d** | | | | | Flankendurchmesser **$d_2$** | | | | | Kerndurchmesser **$d_3$** max. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **d** max. | | **d** min. | | | **$d_2$** max. | | **$d_2$** min. | | | | |
| | Nenn-Auß.-ø **d** Tol. 3A | Tol. 2A, 1A | Tol. 3A | Tol. 2A | Tol. 1A | Nenn-Fl.-ø **$d_2$** Tol. 3A | Tol. 2A, 1A | Tol. 3A | Tol. 2A | Tol. 1A | Nenn-Kern-ø **$d_3$** Tol. 3A | Tol. 2A, 1A |
| Nr. 1 - 64 | 1,854 | 1,839 | 1,758 | 1,742 | — | 1,598 | 1,582 | 1,560 | 1,532 | — | 1,367 | 1,351 |
| Nr. 2 - 56 | 2,184 | 2,169 | 2,080 | 2,065 | — | 1,890 | 1,875 | 1,849 | 1,821 | — | 1,628 | 1,613 |
| Nr. 3 - 48 | 2,515 | 2,497 | 2,400 | 2,383 | — | 2,172 | 2,154 | 2,129 | 2,096 | — | 1,864 | 1,847 |
| Nr. 4 - 40 | 2,845 | 2,824 | 2,715 | 2,695 | — | 2,433 | 2,413 | 2,385 | 2,350 | — | 2,065 | 2,045 |
| Nr. 5 - 40 | 3,175 | 3,155 | 3,045 | 3,025 | — | 2,764 | 2,743 | 2,715 | 2,677 | — | 2,395 | 2,375 |
| Nr. 6 - 32 | 3,505 | 3,485 | 3,353 | 3,332 | — | 2,990 | 2,969 | 2,936 | 2,898 | — | 2,532 | 2,512 |
| Nr. 8 - 32 | 4,166 | 4,143 | 4,013 | 3,990 | — | 3,650 | 3,627 | 3,594 | 3,553 | — | 3,193 | 3,170 |
| Nr. 10 - 24 | 4,826 | 4,801 | 4,643 | 4,618 | — | 4,138 | 4,112 | 4,074 | 4,028 | — | 3,528 | 3,503 |
| Nr. 12 - 24 | 5,486 | 5,461 | 5,304 | 5,278 | — | 4,798 | 4,773 | 4,732 | 4,686 | — | 4,188 | 4,163 |
| 1/4 - 20 | 6,350 | 6,322 | 6,144 | 6,116 | 6,012 | 5,524 | 5,497 | 5,453 | 5,403 | 5,354 | 4,793 | 4,765 |
| 5/16 - 18 | 7,938 | 7,907 | 7,717 | 7,686 | 7,574 | 7,021 | 6,990 | 6,944 | 6,888 | 6,835 | 6,205 | 6,175 |
| 3/8 - 16 | 9,525 | 9,492 | 9,286 | 9,253 | 9,131 | 8,494 | 8,461 | 8,410 | 8,349 | 8,296 | 7,577 | 7,544 |
| 7/16 - 14 | 11,112 | 11,077 | 10,851 | 10,815 | 10,683 | 9,934 | 9,898 | 9,845 | 9,779 | 9,718 | 8,887 | 8,852 |
| 1/2 - 13 | 12,700 | 12,662 | 12,423 | 12,385 | 12,248 | 11,430 | 11,392 | 11,336 | 11,265 | 11,204 | 10,302 | 10,264 |
| 9/16 - 12 | 14,288 | 14,247 | 13,998 | 13,957 | 13,810 | 12,913 | 12,873 | 12,814 | 12,741 | 12,675 | 11,692 | 11,651 |
| 5/8 - 11 | 15,875 | 15,834 | 15,568 | 15,527 | 15,372 | 14,376 | 14,336 | 14,272 | 14,196 | 14,125 | 13,043 | 13,002 |
| 3/4 - 10 | 19,050 | 19,004 | 18,722 | 18,677 | 18,512 | 17,399 | 17,353 | 17,287 | 17,203 | 17,130 | 15,933 | 15,888 |
| 7/8 - 9 | 22,225 | 22,177 | 21,872 | 21,824 | 21,648 | 20,391 | 20,343 | 20,272 | 20,183 | 20,102 | 18,763 | 18,715 |
| 1" - 8 | 25,400 | 25,349 | 25,019 | 24,968 | 24,778 | 23,338 | 23,287 | 23,208 | 23,114 | 23,030 | 21,504 | 21,453 |
| 1 1/8 - 7 | 28,575 | 28,519 | 28,158 | 28,103 | 27,894 | 26,218 | 26,162 | 26,081 | 25,979 | 25,885 | 24,122 | 24,066 |
| 1 1/4 - 7 | 31,750 | 31,694 | 31,333 | 31,278 | 31,069 | 29,393 | 29,337 | 29,253 | 29,149 | 29,055 | 27,297 | 27,242 |
| 1 3/8 - 6 | 34,925 | 34,864 | 34,463 | 34,402 | 34,171 | 32,174 | 32,113 | 32,022 | 31,910 | 31,808 | 29,731 | 29,670 |
| 1 1/2 - 6 | 38,100 | 38,039 | 37,638 | 37,577 | 37,346 | 35,349 | 35,288 | 35,194 | 35,082 | 34,981 | 32,906 | 32,845 |
| 1 3/4 - 5 | 44,450 | 44,381 | 43,929 | 43,861 | 43,599 | 41,151 | 41,082 | 40,980 | 40,856 | 40,742 | 38,217 | 38,148 |
| 2" - 4 1/2 | 50,800 | 50,726 | 50,241 | 50,168 | 49,888 | 47,135 | 47,061 | 46,954 | 46,820 | 46,698 | 43,876 | 43,802 |
| 2 1/4 - 4 1/2 | 57,150 | 57,076 | 56,591 | 56,518 | 56,238 | 53,485 | 53,411 | 53,299 | 53,165 | 53,040 | 50,226 | 50,152 |
| 2 1/2 - 4 | 63,500 | 63,421 | 62,895 | 62,817 | 62,514 | 59,375 | 59,296 | 59,177 | 59,032 | 58,903 | 55,710 | 55,631 |
| 2 3/4 - 4 | 69,850 | 69,769 | 69,245 | 69,164 | 68,862 | 65,725 | 65,644 | 65,524 | 65,377 | 65,242 | 62,060 | 61,979 |
| 3" - 4 | 76,200 | 76,119 | 75,595 | 75,514 | 75,212 | 72,075 | 71,994 | 71,872 | 71,722 | 71,585 | 68,410 | 68,329 |
| 3 1/4 - 4 | 82,550 | 82,466 | 81,945 | 81,862 | 81,559 | 78,425 | 78,341 | 78,217 | 78,064 | 77,927 | 74,760 | 74,676 |
| 3 1/2 - 4 | 88,900 | 88,816 | 88,295 | 88,212 | 87,909 | 84,775 | 84,691 | 84,564 | 84,412 | 84,270 | 81,110 | 81,026 |
| 3 3/4 - 4 | 95,250 | 95,164 | 94,645 | 94,559 | 94,257 | 91,125 | 91,039 | 90,912 | 90,754 | 90,612 | 87,460 | 87,373 |
| 4" - 4 | 101,600 | 101,514 | 100,995 | 100,909 | 100,607 | 97,475 | 97,389 | 97,259 | 97,102 | 96,957 | 93,810 | 93,723 |

## 15.18.2 Amerikanisches Unified-Feingewinde UNF




**Profil des UST-Gewindes nach ASME B1.1**




**Empfohlenes Fertigungsprofil für UST-Gewinde entsprechend dem Inch-ISO-Gewinde**

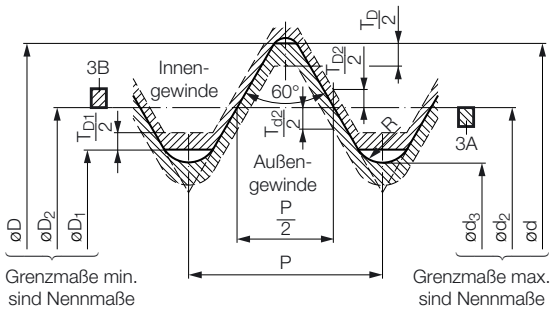
Bezeichnungsbeispiel für Innengewinde (Toleranz mittel):
1/2 - 20 UNF-2B oder .500 - 20 UNF-2B

### Gewindenenn- und Grenzmaße Unified-Feingewinde UNF

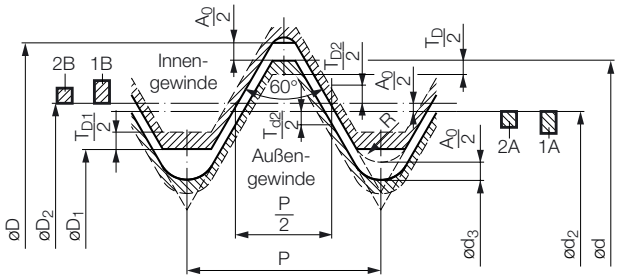
**Innengewinde mit Toleranzfelder 3B (Tol. fein), 2B (Tol. mittel), 1B (Tol. grob)**

| Gewinde-Bezeichnung (ø und Gangzahl) | Gewinde-Nenn-durchm. inch | Steigung P | Außen-durchm. D = Dmin. | Flankendurchmesser $D_2$ | | | | Kerndurchmesser $D_1$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Nenn-Fl.-ø $D_2 = D_2$ min. | $D_2$ max. | | | Nennkern-ø $D_1 = D_1$ min. | $D_1$ max. | |
| | | | | 3B, 2B, 1B | Tol. 3B | Tol. 2B | Tol. 1B | 3B, 2B, 1B | Tol. 3B | Tol. 2B, 1B |
| Nr. 0 - 80 | 0,060 | 0,318 | 1,524 | 1,318 | 1,361 | 1,377 | — | 1,181 | 1,306 | 1,306 |
| Nr. 1 - 72 | 0,073 | 0,353 | 1,854 | 1,626 | 1,674 | 1,689 | — | 1,473 | 1,613 | 1,613 |
| Nr. 2 - 64 | 0,086 | 0,397 | 2,184 | 1,928 | 1,979 | 1,996 | — | 1,755 | 1,913 | 1,913 |
| Nr. 3 - 56 | 0,099 | 0,454 | 2,515 | 2,220 | 2,273 | 2,291 | — | 2,024 | 2,197 | 2,197 |
| Nr. 4 - 48 | 0,112 | 0,529 | 2,845 | 2,502 | 2,560 | 2,581 | — | 2,271 | 2,459 | 2,459 |
| Nr. 5 - 44 | 0,125 | 0,577 | 3,175 | 2,799 | 2,860 | 2,880 | — | 2,550 | 2,741 | 2,741 |
| Nr. 6 - 40 | 0,138 | 0,635 | 3,505 | 3,094 | 3,157 | 3,180 | — | 2,817 | 3,012 | 3,023 |
| Nr. 8 - 36 | 0,164 | 0,706 | 4,166 | 3,708 | 3,777 | 3,800 | — | 3,401 | 3,597 | 3,607 |
| Nr. 10 - 32 | 0,190 | 0,794 | 4,826 | 4,310 | 4,384 | 4,409 | — | 3,967 | 4,168 | 4,168 |
| Nr. 12 - 28 | 0,216 | 0,907 | 5,486 | 4,897 | 4,976 | 5,004 | — | 4,503 | 4,717 | 4,724 |
| 1/4 - 28 | 0,250 | 0,907 | 6,350 | 5,761 | 5,842 | 5,870 | 5,926 | 5,367 | 5,563 | 5,588 |
| 5/16 - 24 | 0,3125 | 1,058 | 7,938 | 7,249 | 7,341 | 7,371 | 7,430 | 6,792 | 6,995 | 7,036 |
| 3/8 - 24 | 0,375 | 1,058 | 9,525 | 8,837 | 8,931 | 8,961 | 9,025 | 8,379 | 8,565 | 8,636 |
| 7/16 - 20 | 0,4375 | 1,270 | 11,112 | 10,287 | 10,391 | 10,424 | 10,493 | 9,738 | 9,947 | 10,033 |
| 1/2 - 20 | 0,500 | 1,270 | 12,700 | 11,874 | 11,981 | 12,017 | 12,088 | 11,326 | 11,524 | 11,608 |
| 9/16 - 18 | 0,5625 | 1,411 | 14,288 | 13,371 | 13,482 | 13,520 | 13,597 | 12,761 | 12,969 | 13,081 |
| 5/8 - 18 | 0,625 | 1,411 | 15,875 | 14,958 | 15,072 | 15,110 | 15,189 | 14,348 | 14,554 | 14,681 |
| 3/4 - 16 | 0,750 | 1,588 | 19,050 | 18,019 | 18,143 | 18,184 | 18,268 | 17,330 | 17,546 | 17,678 |
| 7/8 - 14 | 0,875 | 1,814 | 22,225 | 21,046 | 21,181 | 21,224 | 21,316 | 20,262 | 20,493 | 20,676 |
| 1" - 12 | 1,000 | 2,117 | 25,400 | 24,026 | 24,171 | 24,219 | 24,315 | 23,109 | 23,363 | 23,571 |
| 1 1/8 - 12 | 1,125 | 2,117 | 28,575 | 27,201 | 27,351 | 27,399 | 27,498 | 26,284 | 26,538 | 26,746 |
| 1 1/4 - 12 | 1,250 | 2,117 | 31,750 | 30,376 | 30,528 | 30,579 | 30,681 | 29,459 | 29,713 | 29,921 |
| 1 3/8 - 12 | 1,375 | 2,117 | 34,925 | 33,551 | 33,706 | 33,759 | 33,863 | 32,634 | 32,888 | 33,096 |
| 1 1/2 - 12 | 1,500 | 2,117 | 38,100 | 36,726 | 36,886 | 36,937 | 37,043 | 35,809 | 36,063 | 36,271 |

Maße in mm




**Grenzprofil mit Grundabmaß 0**
**Toleranzfelder 3A/3B**




**Grenzprofil mit Grundabmaß im Außengewinde ($A_0$)**
**Toleranzfelder 2A/2B, 1A/1B**

$H = 0{,}8660254\ P$ $\quad H_1 = \frac{5}{8} H = 0{,}54127\ P$ $\quad T_{D2} = D_{2\,max.} - D_{2\,min.}$ $\quad T_d = d_{max.} - d_{min.}$ $\quad T_{D1} = D_{1\,max.} - D_{1\,min.}$

$T_{d2} = d_{2\,max.} - d_{2\,min.}$ $\quad A_0 = d_{2\,Nenn.} - d_{2\,max.}$ $\quad h_3 = \frac{17}{24} H = 0{,}61343\ P$ $\quad R = \frac{H}{6} = 0{,}14434\ P$ $\quad R_{min.} = 0{,}125\ P \approx \frac{H}{7}$

Bezeichnungsbeispiel für Außengewinde (Toleranz mittel):
1/2 - 20 UNF-2A oder .500 - 20 UNF-2A

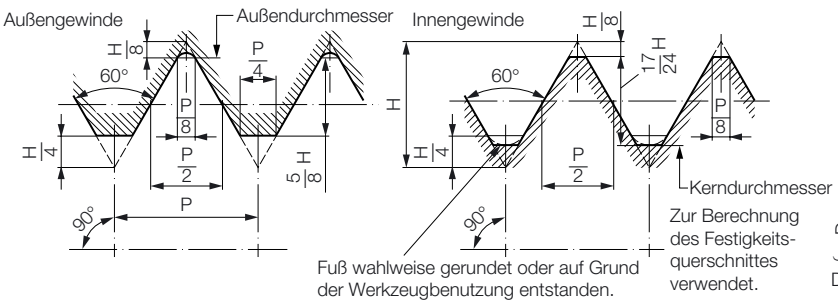
## Gewindenenn- und Grenzmaße Unified-Feingewinde UNF

**Außengewinde mit Toleranzfelder 3A (Tol. fein), 2A (Tol. mittel), 1A (Tol. grob)**

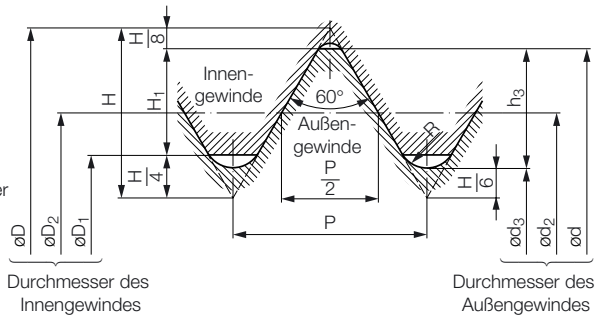
| Gewinde-Bezeichnung (ø und Gangzahl) | Außendurchmesser d | | | | | Flankendurchmesser $d_2$ | | | | | Kerndurchmesser $d_3$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | d max. | | d min. | | | $d_2$ max. | | $d_2$ min. | | | $d_3$ max. | |
| | Nenn-Auß.-ø d Tol. 3A | Tol. 2A, 1A | Tol. 3A | Tol. 2A | Tol. 1A | Nenn-Fl.-ø $d_2$ Tol. 3A | Tol. 2A, 1A | Tol. 3A | Tol. 2A | Tol. 1A | Nenn-Kern-ø $d_3$ Tol. 3A | Tol. 2A, 1A |
| Nr. 0 - 80 | 1,524 | 1,511 | 1,443 | 1,430 | — | 1,318 | 1,306 | 1,285 | 1,260 | — | 1,135 | 1,123 |
| Nr. 1 - 72 | 1,854 | 1,839 | 1,765 | 1,750 | — | 1,626 | 1,610 | 1,590 | 1,562 | — | 1,422 | 1,407 |
| Nr. 2 - 64 | 2,184 | 2,169 | 2,088 | 2,073 | — | 1,928 | 1,913 | 1,890 | 1,862 | — | 1,697 | 1,681 |
| Nr. 3 - 56 | 2,515 | 2,497 | 2,410 | 2,393 | — | 2,220 | 2,202 | 2,179 | 2,146 | — | 1,958 | 1,941 |
| Nr. 4 - 48 | 2,845 | 2,827 | 2,730 | 2,713 | — | 2,502 | 2,484 | 2,456 | 2,423 | — | 2,195 | 2,177 |
| Nr. 5 - 44 | 3,175 | 3,157 | 3,053 | 3,035 | — | 2,799 | 2,781 | 2,751 | 2,718 | — | 2,466 | 2,449 |
| Nr. 6 - 40 | 3,505 | 3,485 | 3,376 | 3,355 | — | 3,094 | 3,073 | 3,043 | 3,007 | — | 2,725 | 2,705 |
| Nr. 8 - 36 | 4,166 | 4,145 | 4,026 | 4,006 | — | 3,708 | 3,688 | 3,655 | 3,617 | — | 3,299 | 3,279 |
| Nr. 10 - 32 | 4,826 | 4,803 | 4,674 | 4,651 | — | 4,310 | 4,288 | 4,252 | 4,211 | — | 3,853 | 3,830 |
| Nr. 12 - 28 | 5,486 | 5,461 | 5,321 | 5,296 | — | 4,897 | 4,872 | 4,836 | 4,790 | — | 4,374 | 4,348 |
| 1/4 - 28 | 6,350 | 6,325 | 6,185 | 6,160 | 6,076 | 5,761 | 5,735 | 5,697 | 5,652 | 5,608 | 5,237 | 5,212 |
| 5/16 - 24 | 7,938 | 7,910 | 7,755 | 7,727 | 7,635 | 7,249 | 7,221 | 7,181 | 7,127 | 7,082 | 6,640 | 6,612 |
| 3/8 - 24 | 9,525 | 9,497 | 9,342 | 9,314 | 9,223 | 8,837 | 8,809 | 8,763 | 8,712 | 8,664 | 8,227 | 8,199 |
| 7/16 - 20 | 11,112 | 11,079 | 10,907 | 10,874 | 10,770 | 10,287 | 10,254 | 10,208 | 10,147 | 10,097 | 9,555 | 9,522 |
| 1/2 - 20 | 12,700 | 12,667 | 12,494 | 12,461 | 12,357 | 11,874 | 11,841 | 11,793 | 11,732 | 11,679 | 11,143 | 11,110 |
| 9/16 - 18 | 14,288 | 14,252 | 14,067 | 14,031 | 13,919 | 13,371 | 13,335 | 13,284 | 13,221 | 13,162 | 12,555 | 12,520 |
| 5/8 - 18 | 15,875 | 15,839 | 15,654 | 15,618 | 15,507 | 14,958 | 14,922 | 14,869 | 14,803 | 14,745 | 14,143 | 14,107 |
| 3/4 - 16 | 19,050 | 19,012 | 18,811 | 18,773 | 18,651 | 18,019 | 17,981 | 17,922 | 17,854 | 17,790 | 17,102 | 17,064 |
| 7/8 - 14 | 22,225 | 22,184 | 21,963 | 21,923 | 21,791 | 21,046 | 21,006 | 20,942 | 20,869 | 20,800 | 20,000 | 19,959 |
| 1" - 12 | 25,400 | 25,354 | 25,110 | 25,065 | 24,917 | 24,026 | 23,980 | 23,914 | 23,830 | 23,757 | 22,804 | 22,758 |
| 1 1/8 - 12 | 28,575 | 28,529 | 28,285 | 28,240 | 28,092 | 27,201 | 27,155 | 27,087 | 27,003 | 26,927 | 25,979 | 25,933 |
| 1 1/4 - 12 | 31,750 | 31,704 | 31,460 | 31,415 | 31,267 | 30,376 | 30,330 | 30,259 | 30,173 | 30,096 | 29,154 | 29,108 |
| 1 3/8 - 12 | 34,925 | 34,877 | 34,635 | 34,587 | 34,440 | 33,551 | 33,503 | 33,431 | 33,343 | 33,264 | 32,329 | 32,281 |
| 1 1/2 - 12 | 38,100 | 38,052 | 37,810 | 37,762 | 37,615 | 36,726 | 36,678 | 36,604 | 36,515 | 36,434 | 35,504 | 35,456 |

Maße in mm

## 15.18.3 Amerikanisches Unified-Extra-Feingewinde UNEF




**Profil des UST-Gewindes nach ASME B1.1**




**Empfohlenes Fertigungsprofil für UST-Gewinde entsprechend dem Inch-ISO-Gewinde**

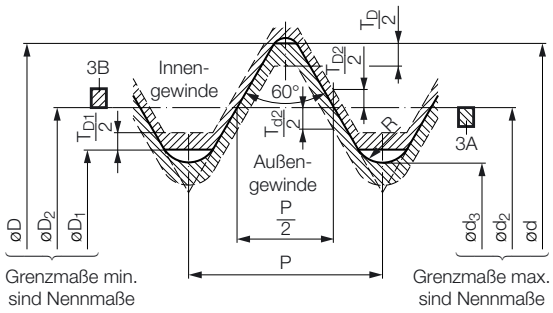
Bezeichnungsbeispiel für Innengewinde (Toleranz mittel):
1/2 - 28 UNEF-2B oder .500 - 28 UNEF-2B

### Gewindenenn- und Grenzmaße Unified-Extra-Feingewinde UNEF

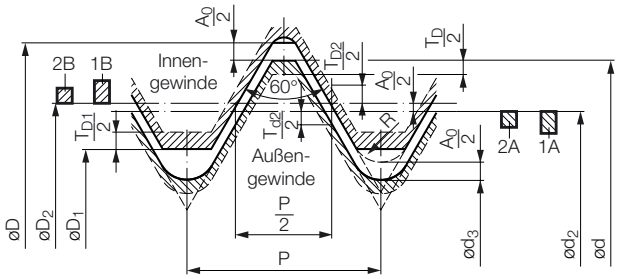
**Innengewinde mit Toleranzfelder 3B (Tol. fein), 2B (Tol. mittel)**

| Gewinde-Bezeichnung (ø und Gangzahl) | Gewinde-Nenn-durchm. inch | Steigung P | Außen-durchm. D = Dmin. | Flankendurchmesser $D_2$ Nenn-Fl.-ø $D_2 = D_{2\,min.}$ 3B, 2B | $D_2$ max. Tol. 3B | $D_2$ max. Tol. 2B | Kerndurchmesser $D_1$ Nennkern-ø $D_1 = D_{1\,min.}$ 3B, 2B | $D_1$ max. Tol. 3B | $D_1$ max. Tol. 2B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. 12 - 32 | 0,216 | 0,794 | 5,486 | 4,971 | 5,050 | 5,075 | 4,628 | 4,813 | 4,826 |
| 1/4 - 32 | 0,250 | 0,794 | 6,350 | 5,834 | 5,913 | 5,941 | 5,491 | 5,662 | 5,690 |
| 5/16 - 32 | 0,3125 | 0,794 | 7,938 | 7,422 | 7,501 | 7,529 | 7,079 | 7,231 | 7,264 |
| 3/8 - 32 | 0,375 | 0,794 | 9,525 | 9,009 | 9,093 | 9,121 | 8,666 | 8,811 | 8,865 |
| 7/16 - 28 | 0,4375 | 0,907 | 11,112 | 10,523 | 10,612 | 10,640 | 10,130 | 10,290 | 10,338 |
| 1/2 - 28 | 0,500 | 0,907 | 12,700 | 12,111 | 12,202 | 12,233 | 11,717 | 11,877 | 11,938 |
| 9/16 - 24 | 0,5625 | 1,058 | 14,288 | 13,599 | 13,696 | 13,729 | 13,142 | 13,320 | 13,386 |
| 5/8 - 24 | 0,625 | 1,058 | 15,875 | 15,187 | 15,286 | 15,319 | 14,729 | 14,907 | 14,986 |
| 11/16 - 24 | 0,6875 | 1,058 | 17,462 | 16,774 | 16,873 | 16,906 | 16,317 | 16,495 | 16,561 |
| 3/4 - 20 | 0,750 | 1,270 | 19,050 | 18,224 | 18,334 | 18,369 | 17,676 | 17,874 | 17,958 |
| 13/16 - 20 | 0,8125 | 1,270 | 20,638 | 19,812 | 19,921 | 19,957 | 19,263 | 19,461 | 19,558 |
| 7/8 - 20 | 0,875 | 1,270 | 22,225 | 21,400 | 21,509 | 21,544 | 20,851 | 21,049 | 21,133 |
| 15/16 - 20 | 0,9375 | 1,270 | 23,812 | 22,987 | 23,099 | 23,137 | 22,438 | 22,636 | 22,733 |
| 1" - 20 | 1,000 | 1,270 | 25,400 | 24,574 | 24,686 | 24,724 | 24,026 | 24,224 | 24,308 |
| 1 1/16 - 18 | 1,0625 | 1,411 | 26,988 | 26,071 | 26,187 | 26,228 | 25,461 | 25,667 | 25,781 |
| 1 1/8 - 18 | 1,125 | 1,411 | 28,575 | 27,658 | 27,775 | 27,816 | 27,048 | 27,254 | 27,381 |
| 1 3/16 - 18 | 1,1875 | 1,411 | 30,162 | 29,246 | 29,365 | 29,406 | 28,636 | 28,842 | 28,956 |
| 1 1/4 - 18 | 1,250 | 1,411 | 31,750 | 30,833 | 30,952 | 30,993 | 30,223 | 30,429 | 30,556 |
| 1 5/16 - 18 | 1,3125 | 1,411 | 33,338 | 32,421 | 32,540 | 32,581 | 31,811 | 32,017 | 32,131 |
| 1 3/8 - 18 | 1,375 | 1,411 | 34,925 | 34,008 | 34,127 | 34,168 | 33,398 | 33,604 | 33,731 |
| 1 7/16 - 18 | 1,4375 | 1,411 | 36,512 | 35,596 | 35,717 | 35,761 | 34,986 | 35,192 | 35,306 |
| 1 1/2 - 18 | 1,500 | 1,411 | 38,100 | 37,183 | 37,305 | 37,348 | 36,573 | 36,779 | 36,881 |
| 1 9/16 - 18 | 1,5625 | 1,411 | 39,688 | 38,771 | 38,892 | 38,936 | 38,161 | 38,367 | 38,481 |
| 1 5/8 - 18 | 1,625 | 1,411 | 41,275 | 40,358 | 40,480 | 40,523 | 39,748 | 39,954 | 40,081 |
| 1 11/16 - 18 | 1,6875 | 1,411 | 42,862 | 41,946 | 42,070 | 42,113 | 41,336 | 41,542 | 41,656 |

Maße in mm




**Grenzprofil mit Grundabmaß 0**
**Toleranzfelder 3A/3B**




**Grenzprofil mit Grundabmaß im Außengewinde ($A_0$)**
**Toleranzfelder 2A/2B, 1A/1B**

$H = 0{,}8660254\ P$ $\quad H_1 = \frac{5}{8} H = 0{,}54127\ P$ $\quad T_{D2} = D_{2\,max.} - D_{2\,min.}$ $\quad T_d = d_{max.} - d_{min.}$ $\quad T_{D1} = D_{1\,max.} - D_{1\,min.}$

$T_{d2} = d_{2\,max.} - d_{2\,min.}$ $\quad A_0 = d_{2\,Nenn.} - d_{2\,max.}$ $\quad h_3 = \frac{17}{24} H = 0{,}61343\ P$ $\quad R = \frac{H}{6} = 0{,}14434\ P$ $\quad R_{min.} = 0{,}125\ P \approx \frac{H}{7}$

Bezeichnungsbeispiel für Außengewinde (Toleranz mittel):
1/2 - 28 UNEF-2A oder .500 - 28 UNEF-2A

## Gewindenenn- und Grenzmaße Unified-Extra-Feingewinde UNEF

**Außengewinde mit Toleranzfelder 3A (Tol. fein), 2A (Tol. mittel)**

| Gewinde-Bezeichnung (ø und Gangzahl) | Außendurchmesser d | | | | Flankendurchmesser $d_2$ | | | | Kerndurchmesser $d_3$ max. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | d max. | | d min. | | $d_2$ max. | | $d_2$ min. | | | |
| | Nenn-Auß.-ø d Tol. 3A | Tol. 2A | Tol. 3A | Tol. 2A | Nenn-Fl.-ø $d_2$ Tol. 3A | Tol. 2A, 1A | Tol. 3A | Tol. 2A | Nenn-Kern-ø $d_3$ Tol. 3A | Tol. 2A |
| Nr. 12 - 32 | 5,486 | 5,464 | 5,334 | 5,311 | 4,971 | 4,948 | 4,910 | 4,869 | 4,514 | 4,491 |
| 1/4 - 32 | 6,350 | 6,325 | 6,198 | 6,172 | 5,834 | 5,809 | 5,773 | 5,728 | 5,377 | 5,352 |
| 5/16 - 32 | 7,938 | 7,912 | 7,785 | 7,760 | 7,422 | 7,396 | 7,361 | 7,315 | 6,965 | 6,939 |
| 3/8 - 32 | 9,525 | 9,500 | 9,373 | 9,347 | 9,009 | 8,984 | 8,946 | 8,898 | 8,522 | 8,527 |
| 7/16 - 28 | 11,112 | 11,085 | 10,947 | 10,919 | 10,523 | 10,495 | 10,455 | 10,404 | 10,000 | 9,972 |
| 1/2 - 28 | 12,700 | 12,672 | 12,535 | 12,507 | 12,111 | 12,083 | 12,040 | 11,989 | 11,587 | 11,560 |
| 9/16 - 24 | 14,288 | 14,257 | 14,105 | 14,074 | 13,599 | 13,569 | 13,525 | 13,470 | 12,990 | 12,959 |
| 5/8 - 24 | 15,875 | 15,845 | 15,692 | 15,662 | 15,187 | 15,156 | 15,110 | 15,055 | 14,577 | 14,547 |
| 11/16 - 24 | 17,462 | 17,432 | 17,280 | 17,249 | 16,774 | 16,744 | 16,698 | 16,642 | 16,165 | 16,134 |
| 3/4 - 20 | 19,050 | 19,017 | 18,844 | 18,811 | 18,224 | 18,191 | 18,141 | 18,080 | 17,493 | 17,460 |
| 13/16 - 20 | 20,638 | 20,604 | 20,432 | 20,399 | 19,812 | 19,779 | 19,728 | 19,667 | 19,080 | 19,045 |
| 7/8 - 20 | 22,225 | 22,192 | 22,019 | 21,986 | 21,400 | 21,366 | 21,316 | 21,255 | 20,668 | 20,635 |
| 15/16 - 20 | 23,812 | 23,777 | 23,607 | 23,571 | 22,987 | 22,951 | 22,901 | 22,837 | 22,255 | 22,220 |
| 1" - 20 | 25,400 | 25,364 | 25,194 | 25,159 | 24,574 | 24,539 | 24,488 | 24,425 | 23,843 | 23,807 |
| 1 1/16 - 18 | 26,988 | 26,952 | 26,767 | 26,731 | 26,071 | 26,035 | 25,979 | 25,916 | 25,255 | 25,220 |
| 1 1/8 - 18 | 28,575 | 28,539 | 28,354 | 28,318 | 27,658 | 27,622 | 27,567 | 27,503 | 26,843 | 26,807 |
| 1 3/16 - 18 | 30,162 | 30,124 | 29,942 | 29,903 | 29,246 | 29,207 | 29,154 | 29,083 | 28,430 | 28,392 |
| 1 1/4 - 18 | 31,750 | 31,712 | 31,529 | 31,491 | 30,833 | 30,795 | 30,742 | 30,670 | 30,018 | 29,980 |
| 1 5/16 - 18 | 33,338 | 33,299 | 33,117 | 33,078 | 32,421 | 32,382 | 32,329 | 32,258 | 31,605 | 31,567 |
| 1 3/8 - 18 | 34,925 | 34,887 | 34,704 | 34,666 | 34,088 | 33,970 | 33,917 | 33,846 | 33,193 | 33,155 |
| 1 7/16 - 18 | 36,512 | 36,474 | 36,292 | 36,253 | 35,596 | 35,557 | 35,502 | 35,430 | 34,780 | 34,742 |
| 1 1/2 - 18 | 38,100 | 38,062 | 37,879 | 37,841 | 37,183 | 37,145 | 37,089 | 37,018 | 36,368 | 36,330 |
| 1 9/16 - 18 | 39,688 | 39,649 | 39,467 | 39,428 | 38,771 | 38,732 | 38,677 | 38,605 | 37,955 | 37,917 |
| 1 5/8 - 18 | 41,275 | 41,237 | 41,054 | 41,016 | 40,358 | 40,320 | 40,264 | 40,193 | 39,543 | 39,505 |
| 1 11/16 - 18 | 42,862 | 42,824 | 42,642 | 42,603 | 41,946 | 41,907 | 41,849 | 41,778 | 41,130 | 41,092 |

Maße in mm



# Gewindetabellen

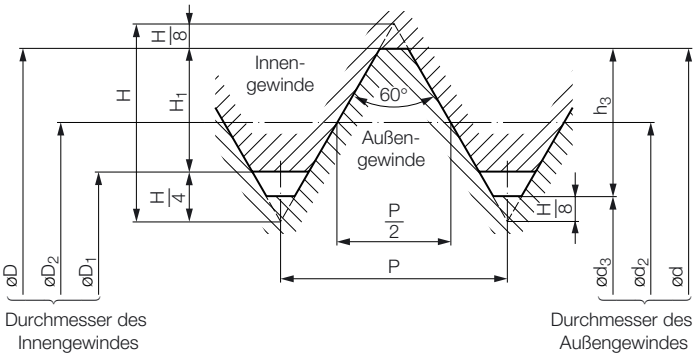
## 15.18.4 Gewindereihen

| Gewinde-Bezeichnung | | Nenndurchmesser inch | Nenndurchmesser mm | Grob-Serie UNC | Fein-Serie UNF | Extra-Fein-Serie UNEF | Anzahl der Gewindegänge pro inch Serien mit konstanter Steigung 4-UN | 6-UN | 8-UN | 12-UN | 16-UN | 20-UN | 28-UN | 32-UN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. 0 | | 0,0600 | 1,524 | | 80 | | | | | | | | | |
| | Nr. 1 | 0,0730 | 1,854 | 64 | 72 | | | | | | | | | |
| Nr. 2 | | 0,0860 | 2,184 | 56 | 64 | | | | | | | | | |
| | Nr. 3 | 0,0990 | 2,515 | 48 | 56 | | | | | | | | | |
| Nr. 4 | | 0,1120 | 2,845 | 40 | 48 | | | | | | | | | |
| Nr. 5 | | 0,1250 | 3,175 | 40 | 44 | | | | | | | | | |
| Nr. 6 | | 0,1380 | 3,505 | 32 | 40 | | | | | | | | | UNC |
| Nr. 8 | | 0,1640 | 4,166 | 32 | 36 | | | | | | | | | UNC |
| Nr. 10 | | 0,1900 | 4,826 | 24 | 32 | | | | | | | | | UNF |
| | Nr. 12 | 0,2160 | 5,486 | 24 | 28 | 32 | | | | | | | UNF | UNEF |
| 1/4 | | 0,2500 | 6,350 | 20 | 28 | 32 | | | | | | UNC | UNF | UNEF |
| 5/16 | | 0,3125 | 7,938 | 18 | 24 | 32 | | | | | | 20 | 28 | UNEF |
| 3/8 | | 0,3750 | 9,525 | 16 | 24 | 32 | | | | | UNC | 20 | 28 | UNEF |
| 7/16 | | 0,4375 | 11,112 | 14 | 20 | 28 | | | | | 16 | UNF | UNEF | 32 |
| 1/2 | | 0,5000 | 12,700 | 13 | 20 | 28 | | | | | 16 | UNF | UNEF | 32 |
| 9/16 | | 0,5625 | 14,288 | 12 | 18 | 24 | | | | UNC | 16 | 20 | 28 | 32 |
| 5/8 | | 0,6250 | 15,875 | 11 | 18 | 24 | | | | 12 | 16 | 20 | 28 | 32 |
| | 11/16 | 0,6875 | 17,462 | | | 24 | | | | 12 | 16 | 20 | 28 | 32 |
| 3/4 | | 0,7500 | 19,050 | 10 | 16 | 20 | | | | 12 | UNF | UNEF | 28 | 32 |
| | 13/16 | 0,8125 | 20,638 | | | 20 | | | | 12 | 16 | UNEF | 28 | 32 |
| 7/8 | | 0,8750 | 22,225 | 9 | 14 | 20 | | | | 12 | 16 | UNEF | 28 | 32 |
| | 15/16 | 0,9375 | 23,812 | | | 20 | | | | 12 | 16 | UNEF | 28 | 32 |
| 1" | | 1,0000 | 25,400 | 8 | 12 | 20 | | | UNC | UNF | 16 | UNEF | 28 | 32 |
| | 1 1/16 | 1,0625 | 26,988 | | | 18 | | | 8 | 12 | 16 | 20 | 28 | |
| 1 1/8 | | 1,1250 | 28,575 | 7 | 12 | 18 | | | 8 | UNF | 16 | 20 | 28 | |
| | 1 3/16 | 1,1875 | 30,162 | | | 18 | | | 8 | 12 | 16 | 20 | 28 | |
| 1 1/4 | | 1,2500 | 31,750 | 7 | 12 | 18 | | | 8 | UNF | 16 | 20 | 28 | |
| | 1 5/16 | 1,3125 | 33,338 | | | 18 | | | 8 | 12 | 16 | 20 | 28 | |
| 1 3/8 | | 1,3750 | 34,925 | 6 | 12 | 18 | | UNC | 8 | UNF | 16 | 20 | 28 | |
| | 1 7/16 | 1,4375 | 35,512 | | | 18 | | 6 | 8 | 12 | 16 | 20 | 28 | |
| 1 1/2 | | 1,5000 | 38,100 | 6 | 12 | 18 | | UNC | 8 | UNF | 16 | 20 | 28 | |
| | 1 9/16 | 1,5625 | 39,688 | | | 18 | | 6 | 8 | 12 | 16 | 20 | | |
| 1 5/8 | | 1,6250 | 41,275 | | | 18 | | 6 | 8 | 12 | 16 | 20 | | |
| | 1 11/16 | 1,6875 | 42,862 | | | 18 | | 6 | 8 | 12 | 16 | 20 | | |
| 1 3/4 | | 1,7500 | 44,450 | 5 | | | | 6 | 8 | 12 | 16 | 20 | | |
| | 1 13/16 | 1,8125 | 46,038 | | | | | 6 | 8 | 12 | 16 | 20 | | |
| 1 7/8 | | 1,8750 | 47,625 | | | | | 6 | 8 | 12 | 16 | 20 | | |
| | 1 15/16 | 1,9375 | 49,212 | | | | | 6 | 8 | 12 | 16 | 20 | | |
| 2" | | 2,0000 | 50,800 | 4 1/2 | | | | 6 | 8 | 12 | 16 | 20 | | |
| | 2 1/8 | 2,1250 | 53,975 | | | | | 6 | 8 | 12 | 16 | 20 | | |
| 2 1/4 | | 2,2500 | 57,150 | 4 1/2 | | | | 6 | 8 | 12 | 16 | 20 | | |
| | 2 3/8 | 2,3750 | 60,325 | | | | | 6 | 8 | 12 | 16 | 20 | | |
| 2 1/2 | | 2,5000 | 63,500 | 4 | | | UNC | 6 | 8 | 12 | 16 | 20 | | |
| | 2 5/8 | 2,6250 | 66,675 | | | | 4 | 6 | 8 | 12 | 16 | 20 | | |
| 2 3/4 | | 2,7500 | 69,850 | 4 | | | UNC | 6 | 8 | 12 | 16 | 20 | | |
| | 2 7/8 | 2,8750 | 73,025 | | | | 4 | 6 | 8 | 12 | 16 | 20 | | |
| 3" | | 3,0000 | 76,200 | 4 | | | UNC | 6 | 8 | 12 | 16 | 20 | | |
| | 3 1/8 | 3,1250 | 79,375 | | | | 4 | 6 | 8 | 12 | 16 | | | |
| 3 1/4 | | 3,2500 | 82,550 | 4 | | | UNC | 6 | 8 | 12 | 16 | | | |
| | 3 3/8 | 3,3750 | 85,725 | | | | 4 | 6 | 8 | 12 | 16 | | | |
| 3 1/2 | | 3,5000 | 88,900 | 4 | | | UNC | 6 | 8 | 12 | 16 | | | |
| | 3 5/8 | 3,6250 | 92,075 | | | | 4 | 6 | 8 | 12 | 16 | | | |
| 3 3/4 | | 3,7500 | 95,250 | 4 | | | UNC | 6 | 8 | 12 | 16 | | | |
| | 3 7/8 | 3,8750 | 98,425 | | | | 4 | 6 | 8 | 12 | 16 | | | |
| 4" | | 4,0000 | 101,600 | 4 | | | UNC | 6 | 8 | 12 | 16 | | | |

## 15.19 Amerikanisches zylindrisches Rohrgewinde für mechanische Verbindungen NPSM, früher NPS (Auszug aus ANSI/ASME B1.20.1)

Zylindrisches Innen- und Außengewinde für nicht selbstdichtende Gewindeverbindungen.

### NPSM-Nennprofil




$H = 0{,}866025\ P$

$H_1 = 0{,}54126\ P \approx \frac{5}{8} H$

$h_3 = 0{,}64952\ P$

Bezeichnungsbeispiel für Innengewinde:
1/2 - 14 NPSM

Bezeichnungsbeispiel für Außengewinde:
1/2 - 14 NPSM

### Gewindegrenzmaße

| Gewinde-Bezeichnung (ø Rohr und Gangzahl) | Steigung P | Innengewinde, Toleranzklasse (2B)[1] | | | | | Außengewinde, Toleranzklasse (2A)[1] | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | D | $D_2$ | | $D_1$ | | d | | $d_2$ | | $d_3$ |
| | | min. | min. | max. | min. | max. | max. | min. | max. | min. | max. |
| 1/8 - 27 | 0,941 | 10,100 | 9,489 | 9,609 | 9,093 | 9,246 | 10,084 | 9,906 | 9,462 | 9,370 | 8,851 |
| 1/4 - 18 | 1,411 | 13,404 | 12,487 | 12,634 | 11,887 | 12,217 | 13,360 | 13,132 | 12,453 | 12,342 | 11,537 |
| 3/8 - 18 | 1,411 | 16,843 | 15,926 | 16,076 | 15,316 | 15,545 | 16,815 | 16,586 | 15,890 | 15,776 | 14,974 |
| 1/2 - 14 | 1,814 | 20,949 | 19,771 | 19,942 | 18,974 | 19,279 | 20,904 | 20,650 | 19,733 | 19,604 | 18,555 |
| 3/4 - 14 | 1,814 | 26,296 | 25,118 | 25,293 | 24,333 | 24,638 | 26,264 | 26,010 | 25,077 | 24,943 | 23,899 |
| 1" - 11 1/2 | 2,209 | 32,895 | 31,460 | 31,653 | 30,505 | 30,759 | 32,842 | 32,537 | 31,417 | 31,269 | 29,982 |
| 1 1/4 - 11 1/2 | 2,209 | 41,653 | 40,218 | 40,416 | 39,268 | 39,497 | 41,605 | 41,300 | 40,173 | 40,020 | 38,738 |
| 1 1/2 - 11 1/2 | 2,209 | 47,721 | 46,286 | 46,487 | 45,339 | 45,568 | 47,676 | 47,371 | 46,241 | 46,086 | 44,806 |
| 2" - 11 1/2 | 2,209 | 59,761 | 58,326 | 58,532 | 57,379 | 57,607 | 59,715 | 59,411 | 58,278 | 58,120 | 56,843 |
| 2 1/2 - 8 | 3,175 | 72,222 | 70,160 | 70,409 | 68,783 | 69,266 | 72,161 | 71,780 | 70,104 | 69,916 | 68,042 |
| 3" - 8 | 3,175 | 88,130 | 86,068 | 86,319 | 84,684 | 85,166 | 88,062 | 87,681 | 86,009 | 85,816 | 83,947 |
| 3 1/2 - 8 | 3,175 | 100,838 | 98,776 | 99,030 | 97,409 | 97,739 | 100,787 | 100,406 | 98,717 | 98,522 | 96,655 |
| 4" - 8 | 3,175 | 113,494 | 111,432 | 111,686 | 110,058 | 110,388 | 113,436 | 113,055 | 111,374 | 111,178 | 109,312 |
| 5" - 8 | 3,175 | 140,474 | 138,412 | 138,679 | 137,033 | 137,363 | 140,411 | 140,030 | 138,351 | 138,151 | 136,289 |
| 6" - 8 | 3,175 | 167,314 | 165,252 | 165,519 | 163,881 | 164,186 | 167,259 | 166,878 | 165,191 | 164,986 | 163,129 |

[1] Die Angabe der Toleranzklasse ist nicht erforderlich, da nur die Toleranz 2B/2A festgelegt ist.

Maße in mm

## 15.20 Amerikanisches zylindrisches Rohrgewinde NPSC für dichtende Gewindeverbindung mit Dichtmittel (Auszug aus ANSI/ASME B1.20.1)

Das zylindrische Rohrinnengewinde NPSC wird mit kegeligem Rohraußengewinde NPT gepaart, mit Verwendung eines Dichtmittels. Gewindeprofilwinkel und Gewindeprofilabflachung für NPSC entspricht NPT.
NPT-Gewinde siehe **Kapitel 15.21**.

Bezeichnungsbeispiel:
1/2 - 14 NPSC

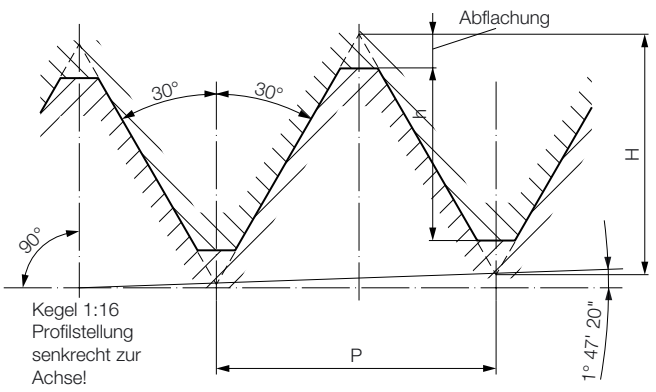
### Gewinde-Grenzmaße

| Gewinde-Bezeichnung | Steigung | Außendurchmesser *) | Flankendurchmesser | | Kerndurchmesser |
|---|---|---|---|---|---|
| | | min. | min. | max. | min. |
| 1/8 - 27 | 0,941 | 10,034 | 9,401 | 9,578 | 8,636 |
| 1/4 - 18 | 1,411 | 13,329 | 12,355 | 12,619 | 11,227 |
| 3/8 - 18 | 1,411 | 16,768 | 15,794 | 16,058 | 14,656 |
| 1/2 - 14 | 1,814 | 20,888 | 19,601 | 19,942 | 18,161 |
| 3/4 - 14 | 1,814 | 26,235 | 24,948 | 25,288 | 23,495 |
| 1" - 11 1/2 | 2,209 | 32,848 | 31,255 | 31,669 | 29,489 |
| 1 1/4 - 11 1/2 | 2,209 | 41,603 | 40,010 | 40,424 | 38,252 |
| 1 1/2 - 11 1/2 | 2,209 | 47,674 | 46,081 | 46,495 | 44,323 |
| 2" - 11 1/2 | 2,209 | 59,711 | 38,118 | 58,532 | 56,363 |
| 2 1/2 - 8 | 3,175 | 72,214 | 69,860 | 70,457 | 67,310 |
| 3" - 8 | 3,175 | 88,125 | 85,771 | 86,365 | 83,236 |
| 3 1/2 - 8 | 3,175 | 100,832 | 98,478 | 99,073 | 95,936 |
| 4" - 8 | 3,175 | 113,489 | 111,135 | 111,730 | 108,585 |

*) Außendurchmesser min. berechnet nach max. NPT-Abflachung.

Maße in mm

## 15.21 Amerikanische kegelige Rohrgewinde NPT (mit Dichtmittel) und NPTF (ohne Dichtmittel) (Auszug aus ANSI/ASME B1.20.1 und ANSI B1.20.3)




**Grundprofil des Amerikanischen kegeligen Rohrgewindes**

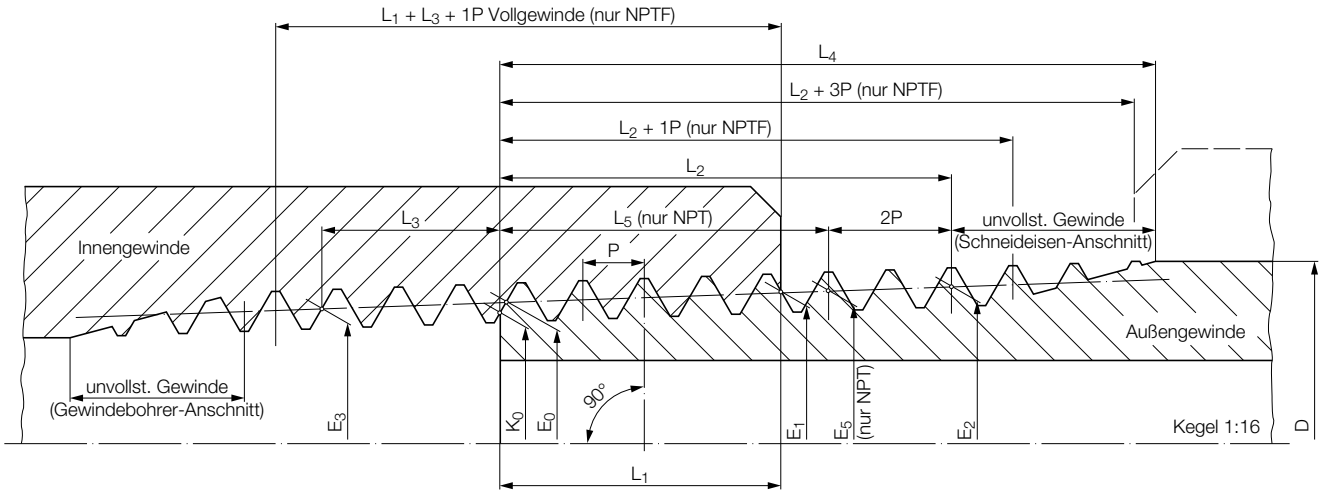
H = 0,866 P
h = 0,8 P

$P = \frac{1\ inch}{n} = \frac{25,4}{n}$

Konizität = 1:16 = 0,0625 pro mm
Abflachung min. = 0,033 P
$E_1 = E_0 + 0,0625 \times L_1$

Bezeichnungsbeispiel NPT:
1/16 - 27 NPT

Bezeichnungsbeispiel NPTF:
1/16 - 27 NPTF

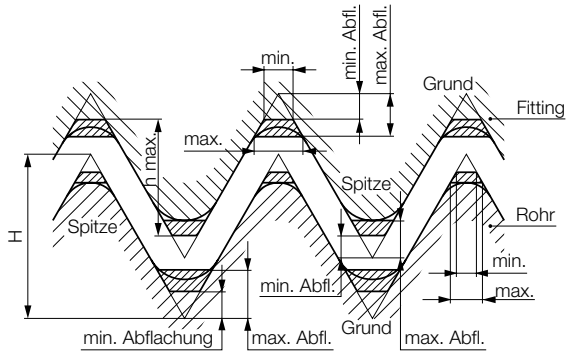



**NPT** = 1/16 - 27 bis 12" - 8
**NPTF** = 1/16 - 27 bis 3" - 8

| Rohr-Größe inch | Außendurchmesser D | Gangzahl pro inch n | Steigung P | Flankendurchmesser am dünnen Rohrende $E_0$ | Hand-Einschraubmaße Länge bis zur Messebene $L_1$ | Hand-Einschraubmaße Flankendurchmesser in der Messebene $E_1$ | Anzugsmaße für das Innengewinde zur Kraftverschraubung NPT Gänge $L_3$ | NPT Flankendurchm. $E_3$ | NPTF Gänge $L_3$ | NPTF Flankendurchm. $E_3$ | Nutzbares Innengewinde NPTF $(L_1+L_3+1P)$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1/16 | 7,938 | 27 | 0,941 | 6,888 | 4,064 | 7,142 | 3 | 6,712 | 3 | 6,711 | 7,828 |
| 1/8 | 10,287 | 27 | 0,941 | 9,233 | 4,102 | 9,489 | 3 | 9,057 | 3 | 9,058 | 7,866 |
| 1/4 | 13,716 | 18 | 1,411 | 12,126 | 5,786 | 12,487 | 3 | 11,861 | 3 | 11,862 | 11,43 |
| 3/8 | 17,145 | 18 | 1,411 | 15,545 | 6,096 | 15,926 | 3 | 15,281 | 3 | 15,281 | 11,74 |
| 1/2 | 21,336 | 14 | 1,814 | 19,264 | 8,128 | 19,772 | 3 | 18,924 | 3 | 18,926 | 15,384 |
| 3/4 | 26,67 | 14 | 1,814 | 24,579 | 8,611 | 25,117 | 3 | 24,239 | 3 | 24,239 | 15,867 |
| 1" | 33,401 | 11 1/2 | 2,209 | 30,826 | 10,160 | 31,461 | 3 | 30,412 | 3 | 30,411 | 18,996 |
| 1 1/4 | 42,164 | 11 1/2 | 2,209 | 39,551 | 10,668 | 40,218 | 3 | 39,137 | 3 | 39,136 | 19,504 |
| 1 1/2 | 48,26 | 11 1/2 | 2,209 | 45,621 | 10,668 | 46,287 | 3 | 45,206 | 3 | 45,207 | 19,504 |
| 2" | 60,325 | 11 1/2 | 2,209 | 57,633 | 11,074 | 58,325 | 3 | 57,219 | 3 | 57,219 | 19,910 |
| 2 1/2 | 73,025 | 8 | 3,175 | 69,076 | 17,323 | 70,159 | 2 | 68,679 | 3 | 68,481 | 30,023 |
| 3" | 88,9 | 8 | 3,175 | 84,852 | 19,456 | 86,068 | 2 | 84,455 | 3 | 84,257 | 32,156 |
| 3 1/2 | 101,6 | 8 | 3,175 | 97,473 | 20,853 | 98,776 | 2 | 97,076 | — | — | — |
| 4" | 114,3 | 8 | 3,175 | 110,093 | 21,438 | 111,433 | 2 | 109,696 | — | — | — |
| 5" | 141,3 | 8 | 3,175 | 136,925 | 23,800 | 138,412 | 2 | 136,528 | — | — | — |
| 6" | 168,275 | 8 | 3,175 | 163,731 | 24,333 | 165,252 | 2 | 163,334 | — | — | — |
| 8" | 219,075 | 8 | 3,175 | 214,213 | 27,000 | 215,901 | 2 | 213,816 | — | — | — |
| 10" | 273,05 | 8 | 3,175 | 267,851 | 30,734 | 269,772 | 2 | 267,454 | — | — | — |
| 12" | 323,85 | 8 | 3,175 | 318,333 | 34,544 | 320,492 | 2 | 317,937 | — | — | — |

Maße in mm

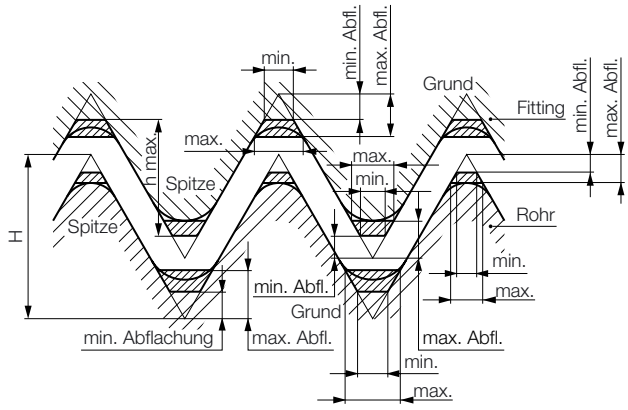
## Grenzwerte und Toleranzen für Gewindespitze und Gewindegrund für Außen- und Innengewinde NPT




| Gang-zahl pro inch **n** | Drei-ecks-höhe **H** | Gewindetiefe **h** | | Spitze und Grund | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Abflachung | | Spitzenbreite | |
| | | min. | max. | min. | max. | min. | max. |
| 27 | 0,815 | 0,634 | 0,753 | 0,030 | 0,091 | 0,036 | 0,104 |
| 18 | 1,222 | 0,974 | 1,129 | 0,046 | 0,124 | 0,053 | 0,145 |
| 14 | 1,571 | 1,288 | 1,451 | 0,061 | 0,142 | 0,069 | 0,163 |
| 11 1/2 | 1,913 | 1,590 | 1,767 | 0,074 | 0,160 | 0,084 | 0,185 |
| 8 | 2,749 | 2,356 | 2,540 | 0,104 | 0,198 | 0,122 | 0,229 |

Maße in mm

## Grenzwerte und Toleranzen für Gewindespitze und Gewindegrund für Außen- und Innengewinde NPTF




| Gangzahl pro inch **n** | | Drei-ecks-höhe **H** | Gewindetiefe **h** | | Abflachung | | Spitzenbreite | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | min. | max. | min. | max. | min. | max. |
| 27 | Spitze | 0,815 | 0,594 | 0,683 | 0,043 | 0,089 | 0,051 | 0,102 |
| | Grund | | | | 0,089 | 0,132 | 0,102 | 0,152 |
| 18 | Spitze | 1,222 | 0,958 | 1,047 | 0,066 | 0,109 | 0,076 | 0,127 |
| | Grund | | | | 0,109 | 0,155 | 0,127 | 0,178 |
| 14 | Spitze | 1,571 | 1,307 | 1,396 | 0,066 | 0,109 | 0,076 | 0,127 |
| | Grund | | | | 0,109 | 0,155 | 0,127 | 0,178 |
| 11 1/2 | Spitze | 1,913 | 1,583 | 1,692 | 0,089 | 0,132 | 0,102 | 0,152 |
| | Grund | | | | 0,132 | 0,198 | 0,152 | 0,229 |
| 8 | Spitze | 2,749 | 2,333 | 2,442 | 0,132 | 0,175 | 0,152 | 0,203 |
| | Grund | | | | 0,175 | 0,241 | 0,203 | 0,279 |

Maße in mm

| Rohr-Größe inch | Außendurchmesser D | Gangzahl pro inch n | Steigung P | Nutzbares Außengewinde $L_2$ | Flankendurchm. $E_2$ | NPTF $(L_2 + 1P)$ | Gesamtlänge des Außengewindes NPT $L_4$ | NPTF $(L_2 + 3P)$ | Vollausgeschnittene Gewindegänge am Außengewinde NPT $L_5$ | Flanken-ø $E_5$ | Nenn-Kerndurchm. am dünnen Rohrende NPT $K_0$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1/16 | 7,938 | 27 | 0,941 | 6,632 | 7,302 | 7,573 | 9,896 | 9,525 | 4,750 | 7,185 | 6,137 |
| 1/8 | 10,287 | 27 | 0,941 | 6,703 | 9,652 | 7,644 | 9,967 | 9,525 | 4,821 | 9,534 | 8,481 |
| 1/4 | 13,716 | 18 | 1,411 | 10,206 | 12,764 | 11,617 | 15,103 | 14,288 | 7,384 | 12,587 | 10,996 |
| 3/8 | 17,145 | 18 | 1,411 | 10,358 | 16,192 | 11,769 | 15,255 | 14,288 | 7,536 | 16,016 | 14,417 |
| 1/2 | 21,336 | 14 | 1,814 | 13,556 | 20,111 | 15,370 | 19,850 | 19,050 | 9,929 | 19,885 | 17,813 |
| 3/4 | 26,67 | 14 | 1,814 | 13,861 | 25,445 | 15,675 | 20,155 | 19,050 | 10,234 | 25,219 | 23,127 |
| 1" | 33,401 | 11 1/2 | 2,209 | 17,343 | 31,910 | 19,552 | 25,006 | 23,813 | 12,926 | 31,634 | 29,060 |
| 1 1/4 | 42,164 | 11 1/2 | 2,209 | 17,953 | 40,673 | 20,162 | 25,616 | 24,608 | 13,536 | 40,397 | 37,785 |
| 1 1/2 | 48,26 | 11 1/2 | 2,209 | 18,377 | 46,769 | 20,586 | 26,040 | 25,400 | 13,960 | 46,493 | 43,853 |
| 2" | 60,325 | 11 1/2 | 2,209 | 19,215 | 58,834 | 21,424 | 26,878 | 26,192 | 14,798 | 58,558 | 55,867 |
| 2 1/2 | 73,025 | 8 | 3,175 | 28,893 | 70,882 | 32,068 | 39,908 | 38,496 | 22,543 | 70,485 | 66,535 |
| 3" | 88,9 | 8 | 3,175 | 30,480 | 86,757 | 33,655 | 41,496 | 40,084 | 24,130 | 86,360 | 82,311 |
| 3 1/2 | 101,6 | 8 | 3,175 | 31,750 | 99,457 | — | 42,766 | — | 25,400 | 99,060 | 94,933 |
| 4" | 114,3 | 8 | 3,175 | 33,020 | 112,157 | — | 44,036 | — | 26,670 | 111,760 | 107,554 |
| 5" | 141,3 | 8 | 3,175 | 35,720 | 139,157 | — | 46,736 | — | 29,370 | 138,760 | 134,384 |
| 6" | 168,275 | 8 | 3,175 | 38,418 | 166,132 | — | 49,433 | — | 32,068 | 165,735 | 161,191 |
| 8" | 219,075 | 8 | 3,175 | 43,498 | 216,932 | — | 54,513 | — | 37,148 | 216,535 | 211,673 |
| 10" | 273,05 | 8 | 3,175 | 48,895 | 270,907 | — | 59,911 | — | 42,545 | 270,510 | 265,311 |
| 12" | 323,85 | 8 | 3,175 | 53,975 | 321,707 | — | 64,991 | — | 47,625 | 321,310 | 315,793 |

Maße in mm

Hinweise für die Lehrung des NPT- und NPTF-Gewindes siehe **Kapitel 12.5.1** und **Kapitel 12.5.2**.

## 15.22 Amerikanisches zylindrisches Rohrgewinde NPSF für selbstdichtende Gewindeverbindung (Auszug aus ANSI B1.20.3)

Das zylindrische Rohrinnengewinde NPSF wird mit kegeligem Rohraußengewinde NPTF gepaart, ohne Verwendung eines Dichtmittels. Gewindeprofilwinkel und Gewindeprofilabflachung für NPSF entspricht NPTF.
NPTF-Gewinde siehe **Kapitel 15.21**.

Bezeichnungsbeispiel:
1/8 - 27 NPSF

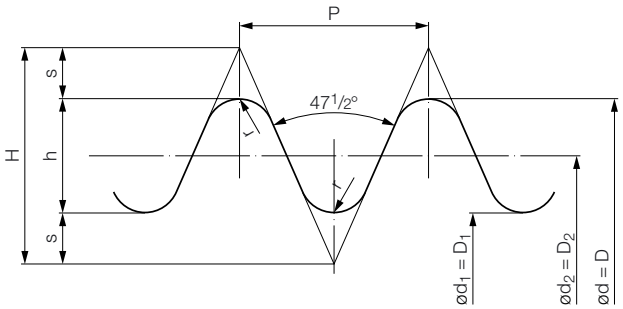
### Maße des NPSF-Innengewindes

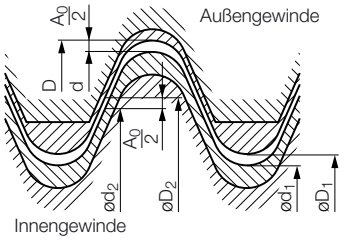
| Gewinde-Bezeichnung | Steigung | Außendurchmesser *) | Flankendurchmesser | | Kerndurchmesser |
|---|---|---|---|---|---|
| | | min. | min. | max. | min. |
| 1/16 - 27 | 0,941 | 7,582 | 7,031 | 7,120 | 6,304 |
| 1/8 - 27 | 0,941 | 9,929 | 9,378 | 9,467 | 8,651 |
| 1/4 - 18 | 1,411 | 13,236 | 12,324 | 12,456 | 11,232 |
| 3/8 - 18 | 1,411 | 16,673 | 15,761 | 15,883 | 14,671 |
| 1/2 - 14 | 1,814 | 20,819 | 19,558 | 19,728 | 18,118 |
| 3/4 - 14 | 1,814 | 26,166 | 24,905 | 25,075 | 23,465 |
| 1" - 11 1/2 | 2,209 | 32,718 | 31,201 | 31,407 | 29,464 |

*) Außendurchmesser min. berechnet nach max. NPTF-Abflachung.

Maße in mm

## 15.23 Britisches Association-Gewinde, BA (Auszug aus BS 93)




H = 1,13634 P
h = 0,6 P
r = 0,18083 P
s = 0,26817

Bezeichnungsbeispiel:
B.A. 1 – Normal Cl.

### Gewindenennmaße, Grenzmaße und Toleranzen des BA-Innengewinde „normal class“

| Bezeichnung BA-Nr. | Steigung P | Außendurchmesser D min. | Flankendurchmesser $D_2$ | | | Kerndurchmesser $D_1$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | min. | Toleranz | max. | min. | Toleranz | max. |
| 0 | 1,000 | 6,000 | 5,400 | 0,150 | 5,550 | 4,800 | 0,375 | 5,175 |
| 1 | 0,900 | 5,300 | 4,760 | 0,140 | 4,900 | 4,220 | 0,340 | 4,560 |
| 2 | 0,810 | 4,700 | 4,215 | 0,125 | 4,340 | 3,730 | 0,305 | 4,035 |
| 3 | 0,730 | 4,100 | 3,660 | 0,120 | 3,780 | 3,220 | 0,275 | 3,495 |
| 4 | 0,660 | 3,600 | 3,205 | 0,110 | 3,315 | 2,810 | 0,250 | 3,060 |
| 5 | 0,590 | 3,200 | 2,845 | 0,100 | 2,945 | 2,490 | 0,220 | 2,710 |
| 6 | 0,530 | 2,800 | 2,480 | 0,095 | 2,575 | 2,160 | 0,200 | 2,360 |
| 7 | 0,480 | 2,500 | 2,210 | 0,090 | 2,300 | 1,920 | 0,180 | 2,100 |
| 8 | 0,430 | 2,200 | 1,940 | 0,080 | 2,020 | 1,680 | 0,160 | 1,840 |
| 9 | 0,390 | 1,900 | 1,665 | 0,075 | 1,740 | 1,430 | 0,145 | 1,575 |
| 10 | 0,350 | 1,700 | 1,490 | 0,070 | 1,560 | 1,280 | 0,130 | 1,410 |
| 11 | 0,310 | 1,500 | 1,315 | 0,065 | 1,380 | 1,130 | 0,115 | 1,245 |
| 12 | 0,280 | 1,300 | 1,130 | 0,065 | 1,195 | 0,960 | 0,105 | 1,065 |
| 13 | 0,250 | 1,200 | 1,050 | 0,060 | 1,110 | 0,900 | 0,095 | 0,995 |
| 14 | 0,230 | 1,000 | 0,860 | 0,060 | 0,920 | 0,720 | 0,085 | 0,805 |

Maße in mm

### Gewindenennmaße, Grenzmaße und Toleranzen des BA-Außengewinde „normal class“

| Bezeichnung BA-Nr. | Steigung P | Grundabmaß (Spiel) $A_0$ | Außendurchmesser d | | | Flankendurchmesser $d_2$ | | | Kerndurchmesser $d_1$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | max. | Toleranz | min. | max. | Toleranz | min. | max. | Toleranz | min. |
| 0 | 1,000 | 0,025 | 5,975 | 0,200 | 5,775 | 5,375 | 0,125 | 5,250 | 4,775 | 0,250 | 4,525 |
| 1 | 0,900 | 0,025 | 5,275 | 0,180 | 5,095 | 4,735 | 0,115 | 4,620 | 4,195 | 0,230 | 3,965 |
| 2 | 0,810 | 0,025 | 4,675 | 0,160 | 4,515 | 4,190 | 0,105 | 4,085 | 3,705 | 0,210 | 3,495 |
| 3 | 0,730 | 0,025 | 4,075 | 0,145 | 3,930 | 3,635 | 0,100 | 3,535 | 3,195 | 0,195 | 3,000 |
| 4 | 0,660 | 0,025 | 3,575 | 0,130 | 3,445 | 3,180 | 0,090 | 3,090 | 2,785 | 0,180 | 2,605 |
| 5 | 0,590 | 0,025 | 3,175 | 0,120 | 3,055 | 2,820 | 0,085 | 2,735 | 2,465 | 0,170 | 2,295 |
| 6 | 0,530 | 0,025 | 2,775 | 0,105 | 2,670 | 2,455 | 0,080 | 2,375 | 2,135 | 0,155 | 1,980 |
| 7 | 0,480 | 0,025 | 2,475 | 0,095 | 2,380 | 2,185 | 0,075 | 2,110 | 1,895 | 0,145 | 1,750 |
| 8 | 0,430 | 0,025 | 2,175 | 0,085 | 2,090 | 1,915 | 0,070 | 1,845 | 1,655 | 0,135 | 1,520 |
| 9 | 0,390 | 0,025 | 1,875 | 0,080 | 1,795 | 1,640 | 0,065 | 1,575 | 1,405 | 0,130 | 1,275 |
| 10 | 0,350 | 0,025 | 1,675 | 0,070 | 1,605 | 1,465 | 0,060 | 1,405 | 1,255 | 0,120 | 1,135 |
| 11 | 0,310 | – | 1,500 | 0,080 | 1,420 | 1,315 | 0,055 | 1,260 | 1,130 | 0,110 | 1,020 |
| 12 | 0,280 | – | 1,300 | 0,070 | 1,230 | 1,130 | 0,055 | 1,075 | 0,960 | 0,105 | 0,855 |
| 13 | 0,250 | – | 1,200 | 0,065 | 1,135 | 1,050 | 0,050 | 1,000 | 0,900 | 0,100 | 0,800 |
| 14 | 0,230 | – | 1,000 | 0,060 | 0,940 | 0,860 | 0,050 | 0,810 | 0,720 | 0,095 | 0,625 |

Maße in mm

# Prüfmittelüberwachung

16

Seite


**16.1 Übersicht . . . . . 568**

16.1.1 Begriffsdefinitionen . . . . . 568

16.1.2 Normenverweise . . . . . 568

**16.2 Prüfmittelmanagement . . . . . 569**

**16.3 Rückführbarkeit von Prüfergebnissen . . . . . 570**

16.3.1 National . . . . . 570

16.3.2 International . . . . . 571

# Prüfmittelüberwachung

## 16.1 Übersicht

### 16.1.1 Begriffsdefinitionen

**Prüfmittelüberwachung:**
Ausreichende Überwachung aller Messsysteme, um Vertrauen in Entscheidungen oder Maßnahmen herbeizuführen, die auf Messergebnissen beruhen.

**Kalibrieren:**
Kalibrieren ist das Bestimmen der Abweichung der Anzeige eines Messgerätes vom wahren Wert bzw. die Abweichung vom angegebenen Wert (Aufschrift oder Sollwert) einer Maßverkörperung.

**Maßverkörperung:**
Eine Maßverkörperung in der Längenmesstechnik stellt Längen bzw. Winkel durch die festen Abstände bzw. Winkel zwischen Flächen oder Linien dar. Einstellringe oder Gewinde-Einstelllehren sind Maßverkörperungen.

**Normal:**
Ein Normal dient der Bewertung und Weitergabe einer physikalischen Größe an andere Messmittel (z.B. Maßstab, Längenmesser, Endmaß, usw.).

### 16.1.2 Normenverweise

**EN ISO 9001**
**Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen**

**DIN 32937-1**
**Prüfmittelüberwachung**
Teil1: Längenprüftechnik

**VDI/VDE/DGQ 2618-1**
**Prüfanweisungen zur Prüfmittelüberwachung. Einführung,**
Beuth-Verlag, Berlin

**DIN 2257-1**
**Begriffe der Längenmesstechnik**

Die Prüfmittelüberwachung ist eines der wichtigsten Elemente von Qualitätsmanagementsystemen wie der ISO 9000-Familie, QS 9000, VDA 6.x, usw. Zur Sicherstellung der Genauigkeit, Zuverlässigkeit und Einsatzfähigkeit aller in Entwicklung, Fertigung und Service eingesetzten Prüfmittel ist deren Überwachung und Rückführung eine unumgängliche Notwendigkeit.

Man spricht heute vom Prüfmittelmanagement, da nicht nur die Kalibrierung, sondern auch die rechtzeitige Beschaffung und Bereitstellung, die Untersuchung seiner Eignung und die Verwaltung eines Prüfmittels während des betrieblichen Einsatzes wichtige Aufgaben sind.

## 16.2 Prüfmittelmanagement

Die Aufgaben des Prüfmittelmanagements lassen sich untergliedern in

- Prüfmittelplanung
- Prüfmittelverwaltung
- Prüfmittelüberwachung

Dabei umfasst insbesondere die Prüfmittelüberwachung alle Tätigkeiten und Maßnahmen, welche

- Genauigkeit,
- Zuverlässigkeit und
- Einsatzfähigkeit

von Prüfmitteln gewährleistet.

Die internationale Norm **EN ISO 9001** fordert

- die zum Nachweis der Produktkonformität notwendigen Überwachungs- und Messmittel festzulegen,
- die Einführung von Prozessen zur Überwachung und Messung, welche sicherstellen, dass die festgelegten Spezifikationen erfüllt werden können.

Soweit es zur Sicherstellung der Spezifikationen erforderlich ist, müssen die Messmittel

- in festgelegten Abständen anhand von Messnormalen kalibriert werden. Die Messnormale müssen auf internationale und nationale Messnormale zurückgeführt sein (siehe **Kapitel 16.3**),
- bei Bedarf justiert oder nachjustiert werden,
- gekennzeichnet werden, damit der Kalibrierstatus erkennbar ist,
- gegen Verstellung gesichert werden,
- gegen Beschädigung und Verschlechterung während der Handhabung und Lagerung geschützt werden.

Hinzu kommt, dass jedes Unternehmen die Messergebnisse früherer Messungen hinsichtlich Messmittel und Produkt bewerten muss, wenn festgestellt wird, dass ein Messmittel die Anforderungen nicht mehr erfüllt. Aufzeichnungen über Kalibrierergebnisse müssen geführt werden.

EMUGE bietet die unabhängige Kalibrierung von Messmitteln als Dienstleistung durch den Kooperationspartner **Decom UGK** an. Decom UGK ist DKD-Kalibrierstelle für Gewinde und weitere geometrische Größen (siehe **Kapitel 16.3**).

Um eine einfache Möglichkeit des Prüfmittelmanagementsystems zu bieten, hat EMUGE die Software „**KALIMERO**“ als Kundenservice-Software zur angebotenen Kalibrierdienstleistung entwickelt. Weitere Informationen zu „KALIMERO“ und der Kalibrierdienstleistung sind im Internet unter www.emuge.de zu finden.

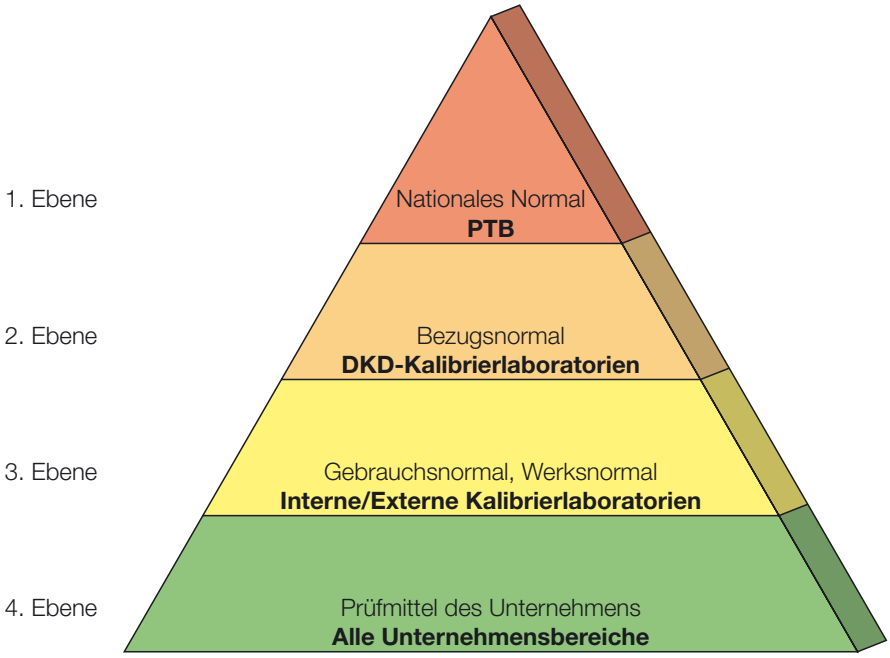
## 16.3 Rückführbarkeit von Prüfergebnissen

Unter Rückführbarkeit versteht man den Vergleich eines Messwertes mit dem nationalen Normal für die betreffende Messgröße über einen oder mehrere Schritte. Bei jedem Schritt wird ein Messgerät mit einem Normal verglichen, dessen Messabweichung zuvor durch Kalibrierung mit einem höherrangigen Normal ermittelt wurde. Die Werte für die Messunsicherheit nehmen dabei innerhalb der Kalibrierhierarchie von oben nach unten zu.

Jedes Messgerät oder Normal sollte unter Beachtung der Anforderung an die Messunsicherheit in regelmäßigen Abständen mit Normalen einer höheren Hierarchieebene kalibriert werden. Als Richtwert kann für das höherrangige Normal ⅓ der Unsicherheit des nachfolgenden Normals dienen.

### 16.3.1 National

**Die Hierarchie der Kalibrierung kann national wie folgt dargestellt werden:**




**1. Ebene** **PTB** (**P**hysikalisch-**T**echnische **B**undesanstalt)
Nationales Normal

Die PTB ist die technische Oberbehörde für das Messwesen in Deutschland. Sie entwickelt und bewahrt die nationalen Normale zur Darstellung der SI-Einheiten (System International) und sichert durch Zusammenarbeit mit Staatsinstitutionen anderer Länder die Vergleichbarkeit im internationalen Rahmen. Ihre Aufgabe ist außerdem die Weitergabe der nationalen Normale und gesetzlichen Einheiten an Benutzer aus Wissenschaft, Behörden und Industrie.
Für Bezugsnormale wird ein PTB-Kalibrierschein erstellt.

**2. Ebene** **DKD-Kalibrierlaboratorien** (**D**eutscher **K**alibrier**d**ienst)
Bezugsnormal

DKD-Kalibrierlaboratorien zeichen sich dadurch aus, dass sie von der PTB nach festgelegten Kriterien akkreditiert und überwacht werden und somit einen PTB-Kalibrierschein vorweisen können. Sie sind verantwortlich für die Sicherung der metrologischen Infrastruktur im industriellen Messwesen und verpflichten sich, ihre Tätigkeit unparteiisch auszuüben.
Für die Kalibrierung von Gebrauchs- oder Werksnormalen wird ein DKD-Kalibrierschein ausgestellt.

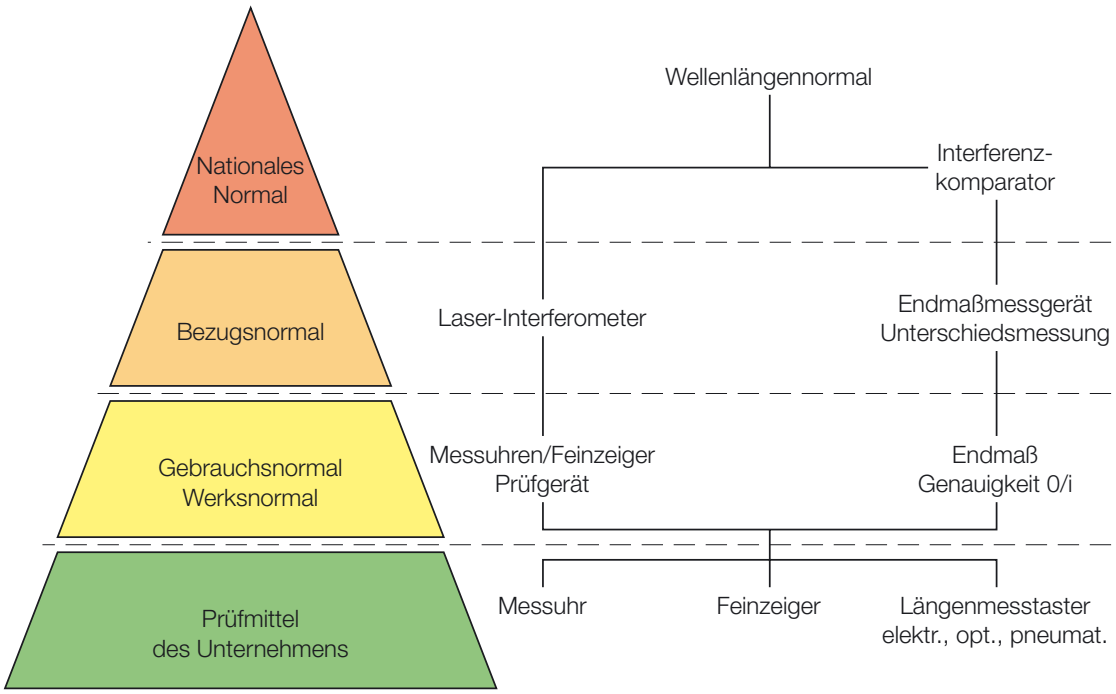
**3. Ebene** **Interne/Externe Kalibrierlaboratorien**
Gebrauchsnormal, Werksnormal

Das interne/externe Kalibrierlabor überwacht die eingesetzten Prüfmittel des Unternehmens mittels eines Gebrauchs- oder Werksnormals (Prüfmittelüberwachung). Die Überwachung des Gebrauchs- oder Werksnormals erfolgt durch Vergleich mit dem Bezugsnormal des Unternehmens oder gegebenenfalls direkt mit dem Bezugsnormal des DKD-Kalibrierlabors.
Für die Kalibrierung von Prüfmitteln wird ein Werkskalibrierschein ausgestellt und/oder ein Kalibrierzeichen am Prüfmittel angebracht.

**4. Ebene** **Alle Unternehmensbereiche**
Prüfmittel des Unternehmens

Die Mitarbeiter, die für Messungen und Prüfungen im Rahmen von Qualitätssicherungsmaßnahmen zuständig sind, nutzen hierfür Prüfmittel, die mit Kalibrierzeichen versehen sind, um die Rückführbarkeit ihrer Messergebnisse gewährleisten zu können.

**Beispiel: Ebenen der Kalibrierhierarchie für Längenmessgeräte (Quelle: PTB)**




## 16.3.2 International

Die internationale gegenseitige Anerkennung von Kalibrierscheinen und Prüfberichten beruht auf einer Harmonisierung der Akkreditierungskriterien und -verfahrensweisen, auf einem Programm von Ringvergleichen, sowie auf gegenseitigen Evaluierungsbesuchen der Unterzeichner eines multilateralen Abkommens innerhalb Europas und bilateraler Übereinkommen weltweit.

Die Unterzeichner des europaweiten multilateralen Abkommens findet man im Internet unter

www.european-accreditation.org oder
www.dkd.ptb.de/de/_akkreditierung_k5.htm.

Die gemeinsamen Kriterien orientieren sich an den europäischen Normen für Kalibrier- und Prüflaboratorien, sowie für deren Begutachtung und Akkreditierung (EN ISO/IEC 17025 und Serie EN 45 000) bzw. entsprechenden ISO/IEC Guides.

# Prüfmittelüberwachung

Die Schaffung eines weltweiten Netzes von Abkommen zur gegenseitigen Anerkennung von Kalibrier- und Prüfzertifikaten akkreditierter Laboratorien ist das Hauptziel der International Laboratory Accreditation Cooperation (**ILAC**). Dieses Netz soll insbesondere die Akzeptanz dieser Zertifikate durch Mitgliedsländer der Welthandelsorganisation (**WTO**) im Rahmen der Vereinbahrung über den Abbau technischer Handelshemmnisse (TBT Agreement) fördern.

Der DKD ist europaweit Mitglied in der European Cooperation for Accreditation (EA) und weltweit Unterzeichner des „ILAC Mutual Recognition Arrangement“ zur gegenseitigen Anerkennung von Kalibrierscheinen und Prüfberichten, das inzwischen von 38 Akkreditierungsstellen unterzeichnet ist.

Eine Liste der Unterzeichner findet man im Internet unter www.ilac.org.

# Nachschleifen von Werkzeugen



17

Seite


**17.1 Nachschleifen von Gewindebohrern . . . . . 574**

17.1.1 Anschnittschleifen . . . . . 574
17.1.1.1 Anschnittlänge, Anschnittwinkel und Einstellwinkel . . . . . 575
17.1.1.2 Anschnittfreiwinkel . . . . . 576
17.1.1.3 Anschnittdurchmesser . . . . . 576
17.1.1.4 Anschnittschleifen am Gewindebohrer für Durchgangsgewinde . . . . 576
17.1.1.5 Einstellwinkel für Durchgangsloch-Gewindebohrer . . . . . 576
17.1.1.6 Anschnittfase . . . . . 577
17.1.2 Nachschleifen der Spanfläche . . . . . 577
17.1.3 Schleifen des Schälanschnittes . . . . . 577
17.1.3.1 Messen des Spanwinkels im Schälanschnittbereich . . . . . 578
17.1.3.2 Länge des Schälanschnittes . . . . . 579
17.1.4 Nachschleifen von Gewindebohrern Robust 2X-VA . . . . . 579
17.1.4.1 Nachschleifen des Einstellwinkels bei Robust 2X-VA . . . . . 580
17.1.4.2 Anschnittfreiwinkel bei Robust 2X-VA . . . . . 580
17.1.4.3 Nachschleifen der Spanfläche bei Robust 2X-VA . . . . . 580
17.1.5 Nachschleifgeräte und Schleifmaschinen . . . . . 580
17.1.6 Der Nachschleifvorgang . . . . . 581
17.1.6.1 Auswahl von Schleifscheibe und Schleifscheibenform . . . . . 581
17.1.6.2 Trocken- oder Nassschliff . . . . . 582
17.1.6.3 Zustellgröße . . . . . 582
17.1.6.4 Vorschubgeschwindigkeit . . . . . 582
17.1.6.5 Schwenkwinkel der Schleifscheibe zur Schleifachse . . . . . 582

**17.2 Nachschleifen von Gewindefräsern . . . . . 583**

17.2.1 Nachschleifen der Spanfläche . . . . . 583
17.2.2 Nachschleifen im Profil . . . . . 583
17.2.3 Nachschleifservice für Gewindefräser . . . . . 584

**17.3 Nachschleifen von Schneideisen . . . . . 584**

17.3.1 Nachschleifen der Spanfläche im Schälanschnitt und im Gewindeteil . . . . . 584
17.3.2 Messen des Spanwinkels . . . . . 584
17.3.3 Anschnittschleifen . . . . . 585
17.3.4 Schleifmittel . . . . . 585
17.3.5 EMUGE Elastik-Schneideisen . . . . . 585

**17.4 Nach- und Umschleifen abgenutzter Gewindewalzrollen . . . . . 585**

**17.5 Entgraten nachgeschliffener Werkzeuge . . . . 586**

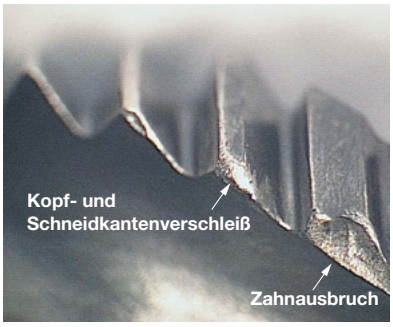
17.5.1 Der Entgratvorgang . . . . . 586
17.5.2 Weitere Entgratmöglichkeiten für nachgeschliffene Werkzeuge . . . . . 587
17.5.2.1 Rotierende Drahtbürste . . . . . 587
17.5.2.2 Glasperlenstrahlen . . . . . 587

# Nachschleifen von Werkzeugen

Das Nachschleifen von Zerspanungswerkzeugen jeglicher Art ermöglicht eine größere Nutzung des Werkzeugpotentials und senkt somit die Werkzeugkosten erheblich. Den Erfolg nachgeschliffener Zerspanungswerkzeuge setzt ein fachgerechtes Nachschleifen voraus. Dies ist aber nur möglich, wenn eine vorausgehende richtige Beurteilung der verschlissenen Werkzeuge durchgeführt wird und ein entsprechender Maschinenpark, die notwendigen Messeinrichtungen und gut geschultes Fachpersonal zur Verfügung stehen.

## 17.1 Nachschleifen von Gewindebohrern

Nach erfolgtem Einsatz können an einem Gewindebohrer Abstumpfungen, Beschädigungen, Verschleißerscheinungen oder Kaltverschweißungen vorhanden sein. Diese gilt es zu beurteilen, um festzulegen, welche Instandsetzungsarbeiten am Werkzeug vorzunehmen sind.





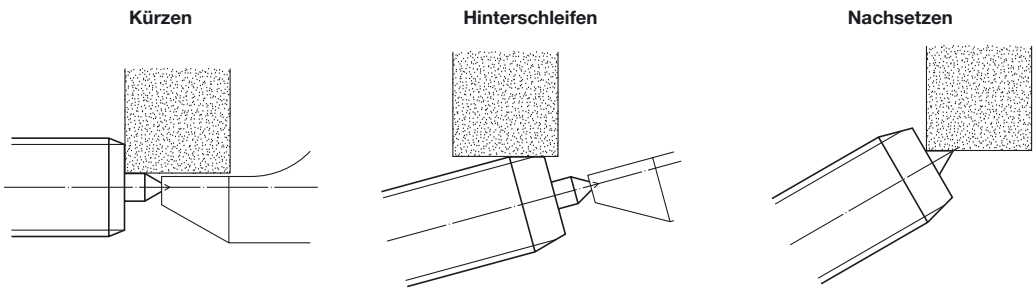


### 17.1.1 Anschnittschleifen

Der Hinterschliff kann – je nach Bauart der Maschine – durch radiale oder axiale Hubbewegung oder durch Kombination aus beiden erzielt werden. Eingeleitet wird die Hubbewegung meist über eine ein- oder mehrnockige Hubscheibe. Bei der einnockigen Hubscheibe wird die Teilung normalerweise über entsprechende Wechselräder erzielt.

Bei ca. 80% der Werkzeuge ist ein Anschnittschleifen mit einer Anschnittkürzung erforderlich, um

- den vorhandenen Verschleiß im Anschnittbereich zu beseitigen und
- eine korrekte Anschnittlänge für die Bearbeitung von Grundlochgewinden beizubehalten.




Die Anschnittlänge, der Einstellwinkel, sowie auch der Anschnittfreiwinkel sind als Maßgrößen zu beachten. Die Funktion des Anschnittes wird durch diese im Wesentlichen beeinflusst.

### 17.1.1.1 Anschnittlänge, Anschnittwinkel und Einstellwinkel

Die Anschnittlängen sind nach DIN 2197 festgelegt.

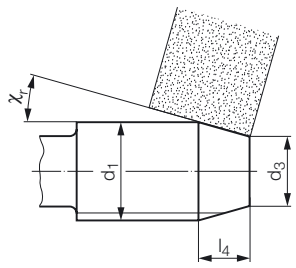
| Maschinen-Gewindebohrer | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Anschnitt-form | Anzahl der Gänge im Anschnitt | Einstellwinkel [1] | Ausführung der Spannuten | Anwendung vorwiegend für |
| A | 6 - 8 | ca. 4 - 5° | gerade Nuten | kurze Durchgangsbohrungen, Durchgangsbohrungen in mittel- bzw. langspanenden Werkstoffen |
| B | 3,5 - 5 | ca. 6 - 9° | gerade Nuten mit Schälanschnitt | |
| C | 2 - 3 | ca. 10 - 15° | gerade Nuten oder Drallnuten | Grundlöcher allgemein, sowie für Durchgangsbohrungen in kurzspanenden Werkstoffen |
| D | 3,5 - 5 | ca. 6 - 9° | | Grundlöcher mit langem Gewindeauslauf, sowie Durchgangsbohrungen |
| E | 1,5 - 2 | ca. 15 - 23° | | Grundlöcher mit sehr kurzem Gewindeauslauf |
| – | 1 - 1,5 | ca. 23 - 29° | | |

[1] Beispielhaft für Maschinen-Gewindebohrer M10, geradegenutet

| Satz-Gewindebohrer | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Anschnitt-form | Anzahl der Gänge im Anschnitt | | Einstellwinkel | Ausführung der Spannuten |
| | Regelgewinde | Feingewinde | | |
| C | Fertigschneider 2 - 3 | Fertigschneider 2 - 3 | 15° | gerade Nuten |
| D | Mittelschneider 3,5 - 5 | Vorschneider 3,5 - 5 | 7° | |
| A | Vorschneider 6 - 8 | – | 3° | |

Der Einstellwinkel $\chi_r$, um den die Achse des Gewindebohrers zur Achse der Schleifscheibe geschwenkt werden muss, ist abhängig von der Anschnittlänge $l_4$ und kann mit nachstehender Gleichung berechnet werden.

$$\tan \chi_r = \frac{P \cdot X}{2 \cdot l_4}$$




| Symbol | Benennung |
|---|---|
| $\chi_r$ | Einstellwinkel |
| $d_1$ | Gewindenenndurchmesser |
| $d_3$ | Anschnittdurchmesser |
| $l_4$ | Anschnittlänge |
| P | Gewindesteigung |
| X | 1,085 für Gewindeprofil 60°<br>1,27 für Gewindeprofil 55° |

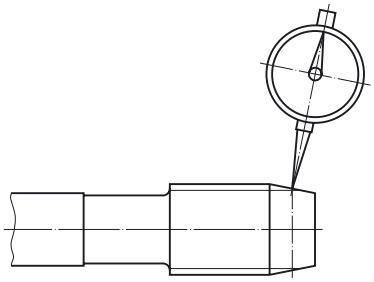
Für den Einstellwinkel von drallgenuteten Gewindebohrern muss der ermittelte Einstellwinkel, je nach Drallsteigung der Spannuten, um 2° bis 3° als Korrekturwert erhöht werden. Eine genauere Winkelberechnung ist in der Regel für das Nachschleifen nicht erforderlich.

### 17.1.1.2 Anschnittfreiwinkel

Eine für die Zerspanung wichtige Winkelgröße ist der Anschnittfreiwinkel. Durch diese Freiwinkelgröße wird die Leistungsfähigkeit sowohl während des Gewindeschneidprozesses als auch im Umkehrschnitt bestimmt. Als Werkstattformel zur Berechnung des Anschnitthinterschliffes genügt die Formel:

**Stegbreite x 0,04**

Zur Prüfung des Anschnittfreiwinkels wird das Werkzeug auf einem Rundlaufprüfgerät zwischen Spitzen aufgenommen. Mittels einer Messuhr mit feiner Messspitze, deren Achse senkrecht zum Anschnittwinkel auszurichten ist, wird auf einem Zahn, dessen Kopfbreite ausreichend groß ist, der errechnete Wert abgetastet. Die Messstelle sollte bei auf halber Anschnittlänge liegen.

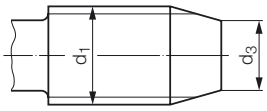


Dabei ist insbesondere der Verlauf des Freiwinkels zur Schneidkante zu beachten. Ein gleichmäßiges, stetiges Ansteigen zur Schneidkante gibt Auskunft über den Hubverlauf.

### 17.1.1.3 Anschnittdurchmesser

Der Anschnittdurchmesser $d_3$ berechnet sich wie folgt:

$$d_3 = d_1 - (P \cdot X)$$




| Symbol | Benennung |
|---|---|
| $d_1$ | Gewindenenndurchmesser |
| $d_3$ | Anschnittdurchmesser |
| P | Gewindesteigung |
| X | 1,085 für Gewindeprofil 60°<br>1,27 für Gewindeprofil 55° |

### 17.1.1.4 Anschnittschleifen am Gewindebohrer für Durchgangsgewinde

Normalerweise werden beim Schneiden von Durchgangsgewinden meist Schälanschnitt-Gewindebohrer mit längerem Anschneideteil eingesetzt. Da der Gewindeauslauf nicht durch die Grundlochtiefe begrenzt wird, kann der Anschnitt ohne zu Kürzen nachgeschliffen werden. Es entsteht dadurch eine Verlängerung des Anschneideteils. Beim Gewindeschneiden ist dann darauf zu achten, dass der verlängerte Anschnittkegel des Gewindebohrers maschinenseitig entsprechend korrigiert wird.

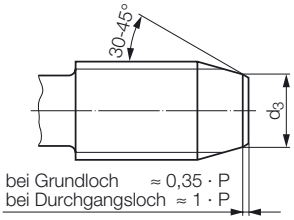
### 17.1.1.5 Einstellwinkel für Durchgangsloch-Gewindebohrer

Die Berechnung des Einstellwinkels wird in gleicher Form wie bei Grundloch-Gewindebohrern vorgenommen. Bei linksgedrallten Durchgangsloch-Gewindebohrern oder Gewindebohrern mit Schälanschnitt ist wie bei Grundloch-Gewindebohrern eine kleine Winkelkorrektur von 1° bis 2° nach „Minus“, also flacher, vorzunehmen, um die gewünschte Anschnittlänge zu erhalten.
Die Einstellwinkelkorrekturen bei Grundloch- und Durchgangsloch-Gewindebohrern ergeben sich aus der Zahnstellung des ersten Anschnittzahnes zum letzten Anschnittzahn in Abhängigkeit zur Drallsteigung und Richtung bzw. Schälanschnittschräge. Die Formel zur genauen Korrekturberechnung ist im Nachschleifservice nicht erforderlich und wird deshalb nicht genauer beschrieben.
Bei Grundloch-Gewindebohrern bzw. bei gekürztem Anschnitt ist es erforderlich, den richtigen Anschnittdurchmesser anzuschleifen, um ein gutes Anschneiden des Werkzeuges zu gewährleisten.

**Achtung!** **Beim Nachschleifen des Anschnittes ohne Anschnittkürzung, wie bei Durchgangsloch-Gewindebohrern beschrieben, wird der Anschnittdurchmesser stirnseitig erheblich kleiner.**

### 17.1.1.6 Anschnittfase

Zum besseren Auszentrieren und Anschneiden des Gewindebohrers ist eine Anschnittfase von Vorteil. Die Anschnittfase sollte mit einem Einstellwinkel von mindestens 30° bis 45° angeschliffen und hinterschliffen werden. Die tatsächliche Anschnittlänge verkürzt sich um die Fasenlänge. Eine Berücksichtigung in der Berechnung ist erforderlich.




## 17.1.2 Nachschleifen der Spanfläche

Durch das Nachschleifen oder Nachsetzen des Anschnittes sind Beschädigungen im weiteren Bereich des Gewindeteils nicht beseitigt. Beschädigte Zahnspitzen oder Profilkanten beeinflussen den Gewindeschneidprozess vor allem durch unsaubere Gewindeflanken wesentlich.

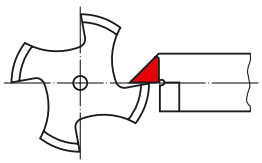
**Daher ist das Nachschleifen der Spanfläche ein wesentlicher, qualitätsbestimmender Faktor des Nachschliffes.**

Beim Nachschleifen der Spanfläche wird gleichzeitig der Spanwinkel bestimmt, welcher wiederum den Zerspanungsvorgang beeinflusst. Die Spanwinkelgröße ist vom nachzuschleifenden Werkzeug abzunehmen.

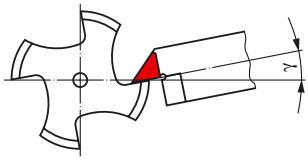
### Messen des Spanwinkels

Das Abnehmen des Spanwinkels sollte nicht durch das Anschleifen des Werkzeuges geschehen, da sich hier größere Fehler einschleichen können, sondern auf einem dafür geeigneten Spanwinkel-Messgerät festgestellt werden. Diese Messung sollte als Kontrolle auch beim nachgeschliffenen Gewindebohrer wiederholt werden. Für das wirtschaftliche Herstellen von Gewinden ist es unabdingbar, den Spanwinkel in den für Werkzeug und Anwendung erforderlichen Grenzen nachzuschleifen. Dem Messen des Spanwinkels kommt also große Bedeutung zu.

**Ausgangsstellung**



**Messstellung**




Bei optischen Messverfahren werden – anstelle von mechanischen Messschneiden oder Taster mit Lichtspalt – Hell/Dunkel-Zonen oder mit einem Fadenkreuz gemessen. Optische Spanwinkel-Messverfahren bedürfen großer Messerfahrung.

## 17.1.3 Schleifen des Schälanschnittes

Zum Schleifen des Schälanschnittes werden Schleifvorrichtungen benötigt, die in zwei Ebenen – horizontal und vertikal – schwenkbar sind.
Die vertikale Ebene dient zur Einstellung der Schälanschnittneigung λ. Durch diese Neigung wird eine Erweiterung des Spanraumes mit Beeinflussung des Spanablaufs und der Spanform erzielt.
Die Winkeleinstellung in der horizontalen Ebene ergibt den Schälanschnittwinkel $\gamma_{fA}$. Über diese wird der Spanschub nach vorne als auch die Zopf-Form und Länge des Spanes gesteuert.

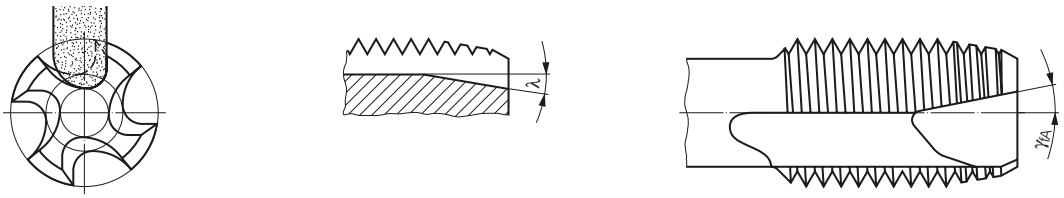


# Nachschleifen von Werkzeugen

Bei normalen Schälanschnitt-Gewindebohrern liegt die vertikale Ebene, also die Schälanschnittneigung λ, bei ca. 6° bis 10°.
Die horizontale Ebene, also der Schälanschnittwinkel $\gamma_{fA}$, liegt bei Regelgewinden zwischen 10° und 15°, bei Feingewinden zwischen 8° und 12°.

Zum Nachschleifen ist eine Formprofilscheibe zu verwenden, damit im Übergang von Schneidbrust zum Nutengrund keine Kante entsteht und ein Abrollen der Späne nach vorne gewährleistet bleibt.

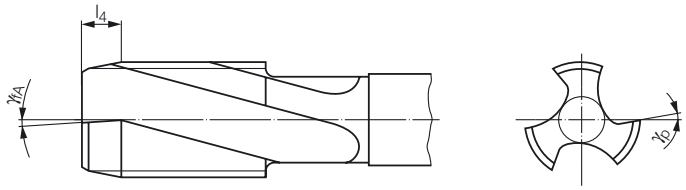
**Formprofilscheibe** **vertikale Ebene** **horizontale Ebene**




Gewindebohrer mit rechtsgedrallten Nuten und Spezial-Freischliff (veränderter Drall auf Anschnittlänge, z.B. bei Gewindebohrern **Rekord DF**) werden ähnlich den Schälanschnitt-Gewindebohrern nachgeschliffen.

Bei unbeschichteten Gewindebohrern beträgt der Schälanschnittwinkel $\gamma_{fA}$ 0-2° linksschräg, bei beschichteten Gewindebohrern 6-8° rechtsschräg, jeweils auf Anschnittlänge $l_4$ gemessen.

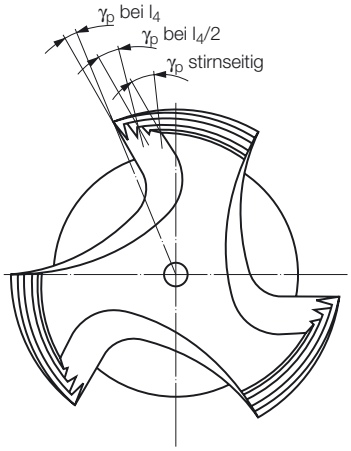
Der Spanwinkel $\gamma_p$ wird am ersten vollen Zahn gemessen und hat einen Wert von 8-12°.




### 17.1.3.1 Messen des Spanwinkels im Schälanschnittbereich

Der Spanwinkelverlauf im Schälanschnitt ist auf Grund des Spanflächenverlaufes unterschiedlich. Der Spanwinkel verändert sich – aus der Achsmitte gemessen zum Anschnittbeginn – positiv. Die Veränderung steht in Abhängigkeit zum Schälanschnittwinkel.

Wegen der unterschiedlichen Spanwinkelgrößen über die Schälanschnittlänge empfiehlt es sich, grundsätzlich den ersten vollen Zahn nach dem Anschnitt ($l_4$) als Messpunkt zu wählen.



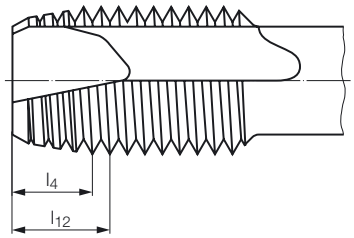

Weitere Möglichkeiten sind:

- Spanwinkelmessung bei Anschnittmitte ($l_4$/2),
- Spanwinkelmessung stirnseitig.

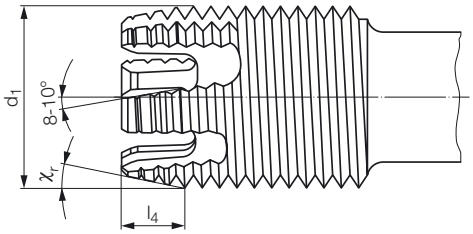
Bei beiden Messungen ist die Bestimmung des Spanwinkels am ersten vollen Profilzahn unsicher, da Schälanschnittwinkelabweichungen und Schälanschnittlänge in das Messergebnis eingehen.

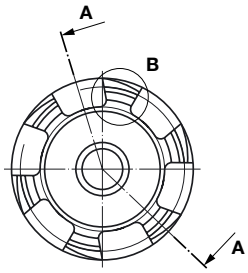
### 17.1.3.2 Länge des Schälanschnittes

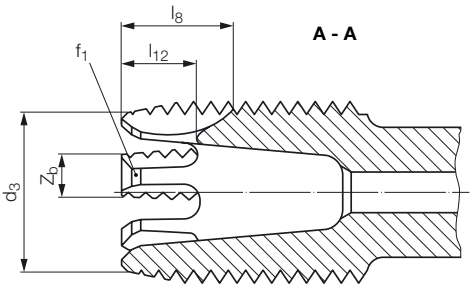
Grundsätzlich sollte die Schälanschnittlänge $l_{12}$ mindestens einen Gang über Anschnittlänge $l_4$ liegen. In der Regel toleriert man ein bis zwei Gänge über Anschnittlänge.

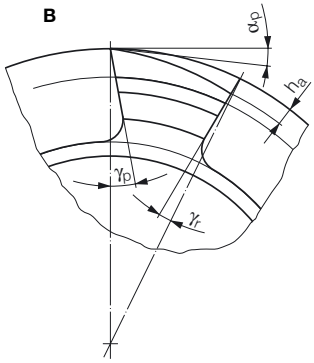



## 17.1.4 Nachschleifen von Gewindebohrern Robust 2X-VA




| Symbol | Benennung |
|---|---|
| $d_1$ | Gewindenenndurchmesser |
| $d_3$ | Anschnittdurchmesser |
| $l_4$ | Anschnittlänge (max. 3 Gang) |
| $l_8$ | Nutenlänge (6 - 7 Gang) |
| $l_{12}$ | Nutenöffnung (3 - 3½ Gang) |
| $\alpha_p$ | Anschnitt-Freiwinkel |
| $\gamma_p$ | Spanwinkel 7 - 9°, gemessen am ersten vollen Zahn |
| $\gamma_r$ | Rückenwinkel 2 - 6° positiv |
| $\chi_r$ | Einstellwinkel |
| $h_a$ | Anschnitthinterschliff (auf Zahnbreite) |
| $Z_b$ | Zahnbreite |
| $f_1$ | Zentrierfase zum Gewinde laufend |

### 17.1.4.1 Nachschleifen des Einstellwinkels bei Robust 2X-VA

Die Anschnittlänge $l_4$ der Ausführung Robust 2X-VA liegt standardmäßig bei 2 ¾ bis 3 Gang. Der daraus resultierende Einstellwinkel $\chi_r$ liegt für

- Regelsteigungen bei ca. 11,5° und für
- Feinsteigungen bei ca. 12,5°.

### 17.1.4.2 Anschnittfreiwinkel bei Robust 2X-VA

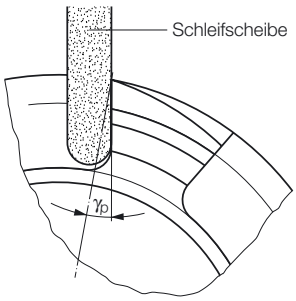
Die Größe des Anschnitthinterschliffes $h_a$ ist von der Zahnbreite $Z_b$ abhängig. Der Anschnittfreiwinkel $\alpha_p$ beträgt für die Ausführung Robust 2X-VA ca. 1° bis 1° 20'. Annähernd errechnet sich der radiale Anschnitthinterschliff $h_a$ auf Zahnbreite $Z_b$ nach der Formel:

$$h_a \approx Z_b \cdot \tan \alpha_p$$

Die Zahnbreite $Z_b$ wird an der Gewindebohrer-Stirnseite beim Anschnittdurchmesser $d_3$ gemessen.

### 17.1.4.3 Nachschleifen der Spanfläche bei Robust 2X-VA

Gewindebohrer Robust 2X-VA werden zwischen Spitzen in der Innenzentrierung am Schaftende und der geschliffenen Zentrierfase $f_1$ am Gewindeteil eingespannt. Der eingespannte Gewindebohrer ist so zu verdrehen, dass die Spanfläche (Schneidbrust) senkrecht, d.h. parallel zur Schleifscheibe steht.
Die Lage des Spanwinkels $\gamma_p$ und des Rückenwinkels $\gamma_r$ beziehen sich auf die Zentrumsachse der betreffenden Schneidkante bzw. Rückenkante.
Die unterschiedlich langen Nuten $l_8$ sind wie vorgegeben bis zum Nutenende durchzuschärfen. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass kein Gewindegang angeschliffen wird.
Die Zahnbreite $Z_b$ wird an der Gewindebohrer-Stirnseite beim Anschnittdurchmesser $d_3$ gemessen.
Wird der Gewindebohrer verkürzt, so darf dies nur um **einen** Gewindegang erfolgen. Es ist nicht erforderlich, die Nutenlänge $l_8$ zu verlängern. Die Nutenöffnung $l_{12}$ ist jedoch um den selben Betrag, welcher am Gewindebohrer gekürzt wird, zu verlängern.




## 17.1.5 Nachschleifgeräte und Schleifmaschinen

Bekannt sind sogenannte Nachschleifvorrichtungen für Gewindebohrer. Diese werden auf einfache Werkzeugmaschinen montiert. Meist sind diese nur zum Nachschleifen der Spanflächen geeignet. Gedrallte Gewindebohrer werden auf diesen Vorrichtungen über Leitpatronen oder Sinuslineal nachgeschliffen.

Bei Nachschleifvorrichtungen mit Sinuslineal ist es möglich, jede Drallsteigung links oder rechts einzustellen. Die Winkeleinstellung ist meist über Endmaße möglich. Die Berechnungsformel für das Einstellmaß ist:

**Einstellmaß = sin (Drallwinkel) · Drallsteigung**

Bei Berechnung des Einstellmaßes ist die Übersetzung der Schleifvorrichtung zu beachten.

Kommt eine Schleifvorrichtung mit Leitpatronen zum Einsatz, ist für jede Drallsteigung und Teilung eine Leitpatrone erforderlich. Drallwinkel und Drallsteigung sind nach DIN auf den Werkzeugen angegeben.

Das Nachschleifen des Anschnittes ist mit diesen Vorrichtungen in der Regel nicht möglich. Spezielle Vorrichtungen zum Anschnittschleifen sind daher notwendig.

Moderne CNC-Werkzeugschleifmaschinen bieten sich nicht nur für die Neufertigung an. Diese Maschinen, zum Teil mit reduziertem Funktionsumfang, werden immer häufiger zum Nachschleifen von Zerspanungs-

werkzeugen eingesetzt. Von den Maschinenherstellern werden Software-Pakete angeboten, die insbesondere im Bereich von Fräswerkzeugen, Spiralbohrern, Stufenbohr- und Stufenfräswerkzeugen usw. Einsatz finden. Etwas schwieriger ist es beim Nachschleifen von Gewindebohrern. Für die Verschleißbeurteilung gibt es keine Software.
Die Anschaffung moderner CNC-Werkzeugschleifzentren fordert einerseits hohe Kapitalbindung und setzt geschultes Fachpersonal voraus. Andererseits werden die Anforderungen an nachgeschliffene Werkzeuge, gleich welcher Art, immer höher. Sie müssen die Qualität für den CNC-Einsatz aufweisen. Diese ist mit einfachen Nachschleifvorrichtungen nur bedingt erreichbar.
Um beiden Anforderungen gerecht zu werden, bietet es sich an, die Nachschleifdienste der Werkzeughersteller in Anspruch zu nehmen – z.B. den **EMUGE-FRANKEN-Nachschleifservice**.

### 17.1.6 Der Schleifvorgang

Besondere Aufmerksamkeit ist dem Schleifvorgang zu widmen. Folgende Punkte sind daher zu beachten:

1. Auswahl der Schleifscheibe und Schleifscheibenform
2. Trocken- oder Nassschliff
3. Zustellgröße
4. Vorschubgeschwindigkeit
5. Schwenkwinkel der Schleifscheibe zur Schleifachse

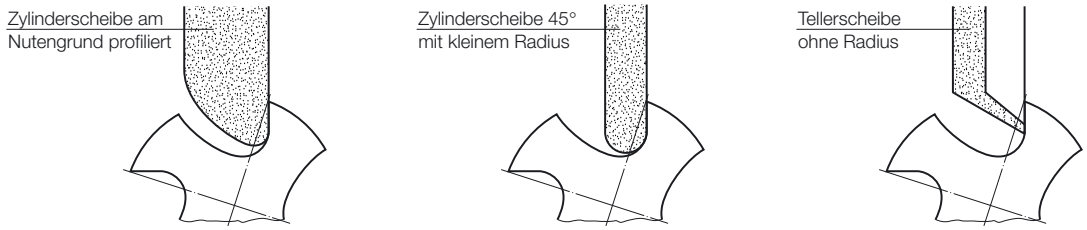
#### 17.1.6.1 Auswahl von Schleifscheibe und Schleifscheibenform

Für das Spanflächenschleifen bieten sich heute auf allen Maschinen sogenannte CBN-Schleifscheiben (CBN = Kubisches Bornitrid) an. Da diese sich weniger abnutzen und somit konstante Schleifergebnisse halten, sind diese den Korund-Schleifscheiben trotz wesentlich höheren Anschaffungskosten vorzuziehen.
Bei der Schleifscheibenbeschaffung ist auf maschinellen Vorschub oder Handvorschub hinzuweisen.

Als geeignete Schleifscheibenform für gedrallte Gewindebohrer bis Durchmesser 16 mm und einem maximalen Drallwinkel von 45° hat sich die profilierte Zylinderscheibe gezeigt.

Bei geradegenuteten Gewindebohrern bis Durchmesser 16 mm bewährten sich Zylinderscheiben mit kleinem Radius.

Bei geradegenuteten Gewindebohrern ab Durchmesser 16 mm sind am Nutengrund profilierte Zylinderscheiben oder Tellerscheiben vorzuziehen.



### 17.1.6.2 Trocken- oder Nassschliff

Nach Möglichkeit sollten alle Werkzeuge im Nassschliff nachgeschliffen werden, um einen Blauschliff zu vermeiden. Werkzeugschleifzentren sind für Nassschliff grundsätzlich ausgerüstet. Die herkömmlichen Nachschleifeinrichtungen haben kaum die Möglichkeit, Nassschliff durchzuführen.
Bei der Schleifscheibenbeschaffung ist sowohl bei CBN- als auch bei Korundscheiben auf Trocken- oder Nassschliff hinzuweisen.

### 17.1.6.3 Zustellgröße

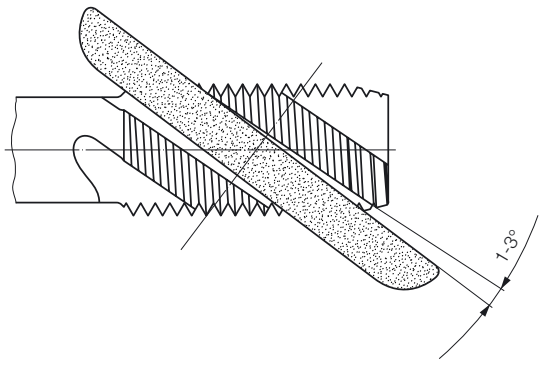
Werkzeuge, die nachgeschliffen werden, sind nicht selten an der Mantelfläche entlang verzahnt, wie z.B. Gewindebohrer oder Schruppfräser. Zahnspitzen wirken stark abrasiv. Bei hohen Zustellgrößen tritt eine große Schleifscheibenbelastung entlang der Zahnspitzen ein, woraus ein Einlaufen der Schleifscheibe entsteht. In diesem Fall muss die Korund-Schleifscheibe öfters abgerichtet werden.

### 17.1.6.4 Vorschubgeschwindigkeit

Die Vorschubgeschwindigkeit wirkt sich in ähnlicher Form wie zu hohe Zustellgrößen auf das Einlaufen der Schleifscheibe aus. Aber nicht nur das Einlaufen der Schleifscheibe tritt auf, sondern auch Blauschliff und insgesamt großer Verschleiß an der Schleifscheibenform.

### 17.1.6.5 Schwenkwinkel der Schleifscheibe zur Schleifachse

Bei Nichtverwendung von profilierten Formschleifscheiben muss der Schwenkwinkel der Schleifscheibenachse zur Nutrichtung um 1° bis 3° erhöht werden. Mit dieser Einstellung wird erreicht, dass die Schleifscheibe nur am Umfang mit einer Linie zum Eingriff kommt. Bei gedrallten Werkzeugen wird ein Vor- und Nachschleifen an der Spanfläche vermieden. Ein korrekter Schleifablauf ist dadurch gewährleistet.



## 17.2 Nachschleifen von Gewindefräsern

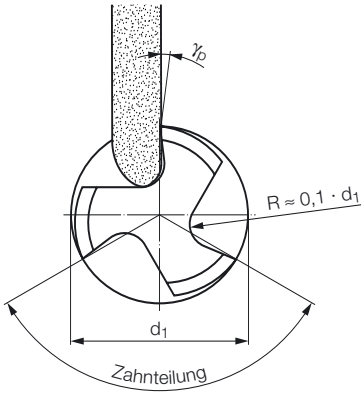
An Hartmetall-Gewindefräsern entsteht während des Einsatzes ein Verschleiß, der hauptsächlich durch thermische und mechanische Einflüsse hervorgerufen wird. Im Allgemeinen stumpfen die Werkzeuge durch Kolk- und Freiflächenverschleiß oder aber auch durch Kantenausbrüche ab.

Je nach Abstumpfungsgrad muss der Gewindefräser in der Spanfläche oder im Profil nachgeschliffen werden. Bei rechtzeitigem Auswechseln der Werkzeuge genügt ein Nachschleifen der Spanfläche, das erheblich einfacher und günstiger ist.

### 17.2.1 Nachschleifen der Spanfläche

Anwendung:

- bei geringem Freiflächenverschleiß
- bei kleinen Kantenausbröckelungen
- vor dem Nachschleifen im Profil




Voraussetzungen:

- CNC-Schleifmaschine
- Zahnteilung am Werkzeug genau einhalten
- Spanwinkel $\gamma_p$ einhalten
- Drallwinkel bei drallgenuteten Werkzeugen (wird am Schaft beschriftet) beachten

Schleifdaten:

- Zahnteilung = 360°/Zähnezahl
- Toleranz 0° 30' bzw. max. 0,1 mm
- Standardspanwinkel $\gamma_p$ = 0 - 3°, oder nach besonderer Vorgabe
- Diamant-Schleifscheibe mit max. Durchmesser 100 mm wegen Nutauslauflänge

**Hinweis:** **Zahnteilung und Spanwinkel $\gamma_p$ stehen im direkten Zusammenhang zum Profilhinterschliff. Größere Abweichungen von den Originalvorgaben beeinflussen automatisch die Profiltreue und/oder bewirken konische Gewinde.**

### 17.2.2 Nachschleifen im Profil

Anwendung:

- bei starkem Freiflächenverschleiß
- bei großen Kantenausbröckelungen

Voraussetzungen:

- CNC-Schleifmaschine
- Hinterschliff genau einhalten
- Profilform genau einhalten
- Zahnteilung am Werkzeug genau einhalten

Schleifdaten:

- Zahnteilung = 360°/Zähnezahl
- Toleranz 0° 30' bzw. max. 0,1 mm
- Hinterschliff nach Vorgabe
- Diamant-Profilschleifscheibe

**Hinweis:** **Als Hersteller von Gewindefräsern ist EMUGE bereits mit den erforderlichen Profilschleifscheiben ausgestattet. Damit kann der Profilnachschliff ohne neuerlicher, aufwendiger Herstellung dieser Schleifscheiben ausgeführt werden.**

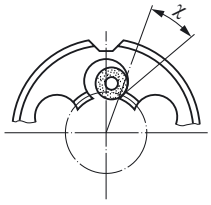
### 17.2.3 Nachschleifservice für Gewindefräser

Kann der Nachschliff nicht selbst vorgenommen werden, besteht die Möglichkeit, die Gewindefräser mit dem Vermerk **„Zur Prüfung und Nachschliff“** an EMUGE zu senden. Auf Grund der anfallenden Einstellkosten ist es vorteilhaft, wenn mehrere Gewindefräser gleicher Abmessung angesammelt werden, um dann zum Nachschleifen eingesandt zu werden.

## 17.3 Nachschleifen von Schneideisen

### 17.3.1 Nachschleifen der Spanfläche im Schälanschnitt und im Gewindeteil

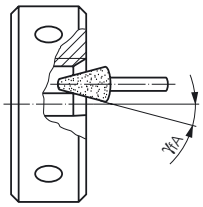
Für den Schälanschnitt werden folgende Spanwinkelwerte $\chi_r$ vorgegeben:




- Normalausführung 15°-21°
- VA-Ausführung 15°-21°

Im Gewindeteil beträgt der Spanwinkel $\chi_r$ bei der

- Normalausführung 15°-20°
- VA-Ausführung 15°-20°
- MS-Ausführung 8°-13°



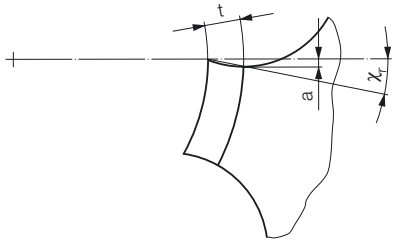

Beim Schälanschnittschleifen kleinerer Schneideisen ist aus Stabilitätsgründen ein kegeliger Schleifstift zu empfehlen. Der Schälanschnittwinkel $\gamma_{fA}$ liegt bei ca. 4°.

### 17.3.2 Messen des Spanwinkels

Das Messen des Spanwinkels bereitet bei Schneideisen auf Grund der Baumaße einige Probleme. Beim Messen im Lichtspaltverfahren werden relativ ungenaue Werte erreicht, da man den Spanwinkel nur an der Planseite abnehmen kann. Relativ genaue Werte erhält man durch das Auf-Mitte-Stellen des Schneidenzahnes und Abnehmen der Differenz **a** an der Schneidbrust, bezogen auf die Profilhöhe t.

Mit diesen Werten kann der Spanwinkel $\chi_r$ nach folgender Formel berechnet werden:

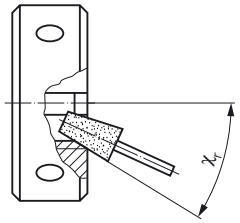
$$\chi_r = \arctan\left(\frac{a}{t}\right)$$

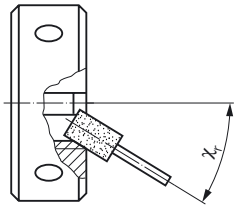


### 17.3.3 Anschnittschleifen

Der Anschnitt wird auf Sondermaschinen mit Hubbewegung nachgeschliffen. Für EMUGE-Schneideisen können folgende Werte eingestellt werden:

| Geometrie | Anschnittlänge | Einstellwinkel $\chi_r$ | Anschnittfreiwinkel |
|---|---|---|---|
| Standard | ca. 1,5 Gang | 23° - 27° | ca. 2° - 4° |
| VA | ca. 2,0 Gang | 16° - 20° | ca. 2° - 4° |
| MS | ca. 1,0 Gang | 33° - 37° | ca. 2° - 4° |




### 17.3.4 Schleifmittel

Die Schneideisen werden hauptsächlich am Anschnitt und am Schälanschnitt nachgeschliffen, bei starker Abnutzung auch an der Schneidbrust im Gewindeteil.
Zum Einsatz kommen hier Edelkorund-Schleifstifte mit keramischer Bindung. Vermehrt hat sich bei den Schleifstiften auch Kubisches Bornitrid durchgesetzt. Die Körnung ist von der Schneideisengröße abhängig.

### 17.3.5 EMUGE Elastik-Schneideisen

Die Geometrien der Elastik-Schneideisen sind identisch. Elastik-Schneideisen werden im **ungespannten Zustand** nachgeschliffen.

## 17.4 Nach- und Umschleifen abgenutzter Gewindewalzrollen

Grundsätzlich können alle Arten von Gewindewalzrollen nachgeschliffen werden. Bei Einstechrollen ist jedoch zu berücksichtigen, in wie weit ein erhöhtes axiales Wandern des Werkstückes bei Einhaltung der Profilgangzahl in Kauf genommen werden kann. Bei Durchlaufrollen ist lediglich der minimal zulässige Rollen-Außendurchmesser für die Maschine zu beachten.

Möglich ist auch das Umschleifen von abgenutzten Gewindewalzrollen auf ein anderes Gewinde. Das verbrauchte Profil wird abgeschliffen und ein neues, zum Rollendurchmesser passendes Gewindeprofil aufgeschliffen.





## 17.5 Entgraten nachgeschliffener Werkzeuge

Jeder Schleifvorgang hinterlässt an den Ein- und Austrittstellen der Schleifscheibe einen Schleifgrat. Diese Gratbildung, die sich beim Gewindebohrer entlang der Profilkanten ergibt, wirkt sich beim Gewindeschneiden als undefinierbare Schneide aus, woraus sich zwangsläufig ein Verschneiden der Werkzeuge ergibt.

Bei Fräswerkzeugen entsteht durch den vorhandenen Schleifgrat entlang der Mantelflächen unruhiges Fräsverhalten. Die Ergebnisse sind unsaubere Oberflächen und fehlende Prozesssicherheit.

**Daher ist es sehr wichtig, nachgeschliffene Werkzeuge sauber zu entgraten, um die beschriebenen unliebsamen Nebenerscheinungen, die beim Gewindeschneiden zu Ausschussteilen führen, zu vermeiden.**

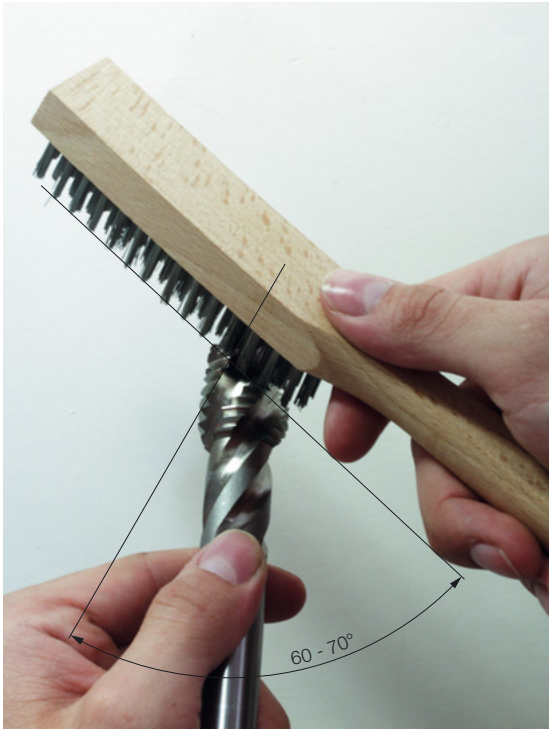
Eine Prozesssicherheit bei nachgeschliffenen Werkzeugen wird erst durch richtiges Entgraten erreicht.

**Richtig nachgeschliffene und entgratete Werkzeuge erreichen in der Regel ca. 50% der Neuleistung.**

In einzelnen Fällen kann sogar eine bessere Leistung erzielt werden, wenn z.B. durch das Nachschleifen der Spanflächen größere Spanräume entstanden sind.

### 17.5.1 Der Entgratvorgang

Es gibt mehrere Möglichkeiten, das Entgraten der Werkzeuge vorzunehmen. Die einfachste und billigste Art ist die Verwendung einer **Drahthandbürste**. Die Drahthandbürste sollte aus normalem Stahldraht gefertigt sein. Die Drahtstärke wird idealerweise mit 0,15 mm, bei größeren Gewindesteigungen mit 0,2 mm und einer Drahtlänge von 20 mm gewählt.
Die Handhabung der Bürste ist der Abbildung zu entnehmen. Wichtig dabei ist, dass bei Gewindebohrern mit rechtsgedrallten Nuten insbesondere die vordere Gewindeflanke entschärft wird und bei Schälanschnittwerkzeugen und linksgedrallten Gewindebohrern die hintere Gewindeflanke. Das spezielle Entgraten dieser Gewindeflanken bewirkt, dass durch den aufbauenden Flankendruck oder -zug diese Gleitflächen nicht als Schabflächen wirken.



## 17.5.2 Weitere Entgratmöglichkeiten für nachgeschliffene Werkzeuge

### 17.5.2.1 Rotierende Drahtbürste

Die Drähte sollten wie in **Kapitel 17.5.1** beschrieben ausgeführt sein. Die Umfangsgeschwindigkeit sollte nicht zu hoch gewählt werden. Ideal sind 150 bis 200 m/min. Beim Einsatz von rotierenden Drahtbürsten kann das Werkzeug sowohl von Hand, als auch durch geeignete Vorrichtungen mit Drehbewegung der Bürste zugeführt werden.

### 17.5.2.2 Glasperlenstrahlen

Bei diesem Entgratvorgang ist wichtig, dass die Strahlposition der Düse zum Werkzeug in der richtigen Einstellung steht. Durch optische Kontrolle mit einer 5- bis 10-fach vergrößernden Lupe kann der Entgratvorgang recht gut beurteilt werden. Um eine Prozesssicherheit gewährleisten zu können, ist ein Probeschnitt mit dem geschärften Werkzeug erforderlich.



# Fräsen

Seite


**18.1 Einleitung . . . . . 590**

**18.2 Einteilung von Fräswerkzeugen . . . . . 591**

**18.3 Grundlagen der Frästechnologie . . . . . 607**

18.3.1 Stirnfräsen / Umfangsfräsen . . . . . 607
18.3.2 Gleichlauffräsen / Gegenlauffräsen . . . . . 608
18.3.3 Werkzeugabdrängung . . . . . 608
18.3.4 Werkzeugverschleiß . . . . . 609
18.3.5 Geometrie an Fräswerkzeugen . . . . . 611

**18.4 Berechnungsgrundlagen . . . . . 614**

18.4.1 Zustellungen . . . . . 614
18.4.2 Schnittgeschwindigkeit und Drehzahl . . . . . 615
18.4.3 Vorschub und Vorschubgeschwindigkeit . . . . . 616
18.4.4 Oberflächengüte und Zeilensprung . . . . . 617
18.4.5 Zeitspanvolumen . . . . . 617
18.4.6 Schnittkraft und Schnittleistung . . . . . 618

**18.5 Moderne Frästechnologie mit Anwendungsbeispielen . . . . . 621**

18.5.1 Trockenbearbeitung und Bearbeitung mit Minimalmengenschmierung . . . . . 621
18.5.2 Hartfräsen . . . . . 622
18.5.3 Hochleistungs- und Hochgeschwindigkeitsfräsen . . . . . 623
18.5.4 Frästechnologie im Formen- und Gesenkbau . . . . . 625
18.5.5 Bearbeitung von Aluminiumbauteilen aus der Flugzeugindustrie . . . . . 631
18.5.6 Bearbeitung von Turbinenteilen . . . . . 632
18.5.7 Kaltluftdüse . . . . . 636

**18.6 Unwucht an Werkzeugsystemen . . . . . 637**

**18.7 Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit . . . 639**

18.7.1 für Schaft-, Langloch-, Kugel- und Torusfräser aus Vollhartmetall . . . . . 640
18.7.2 für Schaftfräser aus Voll-Cermet . . . . . 642
18.7.3 für Schaft- und Langlochfräser aus HSS . . . . . 644
18.7.4 für Walzenstirnfräser aus HSS . . . . . 646
18.7.5 für Fräser mit runden, unbeschichteten Wendeschneidplatten . . . . . 648
18.7.6 für Fräser mit runden, beschichteten Wendeschneidplatten . . . . . 650
18.7.7 für Fräser mit rhombischen, unbeschichteten Wendeschneidplatten . . . . . 652
18.7.8 für Fräser mit rhombischen, beschichteten Wendeschneidplatten . . . . . 654
18.7.9 für Fräser mit Time-S-Cut-Wendeschneidplatten . . . . . 656
18.7.10 für Schaft-, Kugel- und Torusfräser mit CBN- oder PKD-Schneiden . . . . . 658



Seite

**18.8 Richtwerte für den Vorschub pro Zahn . . . . . 660**

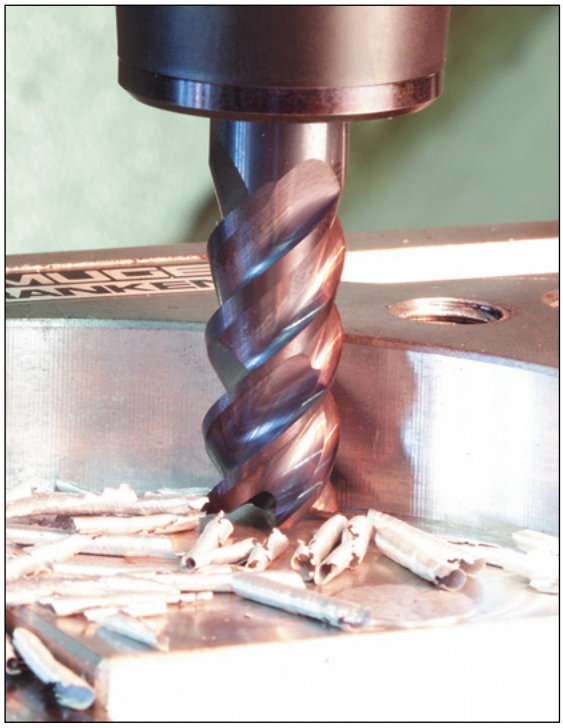
18.8.1 für Schaft- und Langlochfräser aus Vollhartmetall . . . . . 660
18.8.2 für Kugel- und Torusfräser aus Vollhartmetall . . . . . 661
18.8.3 für Schaftfräser aus Voll-Cermet . . . . . 661
18.8.4 für Schaft- und Langlochfräser aus HSS . . . . . 662
18.8.5 für Walzenstirnfräser aus HSS . . . . . 663
18.8.6 für Fräser mit runden oder rhombischen Wendeschneidplatten . . . . . 664
18.8.7 für Fräser mit Time-S-Cut-Wendeschneidplatten . . . . . 666
18.8.8 für Schaft-, Kugel- und Torusfräser mit CBN- oder PKD-Schneiden . . . . . 668

**18.9 Fehler, Ursachen und Abhilfe . . . . . 669**



# Fräsen

## 18.1 Einleitung



Das Bearbeitungsverfahren Fräsen gehört zur Gruppe der spanabhebenden Verfahren mit geometrisch bestimmter Schneide. Dabei führt das Werkzeug die Schnittbewegung in rotatorischer Form aus. Die Relativbewegungen zwischen Werkzeug und Werkstück (Vorschubbewegungen) werden, je nach verwendetem Maschinenkonzept, vom Werkzeug, Werkzeug und Werkzeugmaschine gemeinsam oder nur von der Werkzeugmaschine ausgeführt. Dabei sind die einzelnen Schneiden des Fräswerkzeugs, im Gegensatz zu anderen spanenden Bearbeitungsverfahren wie z.B. Drehen und Bohren, nicht ständig im Eingriff, sondern es tritt bei jeder Umdrehung des Werkzeugs mindestens eine Schnittunterbrechung je Werkzeugschneide auf. Das hat den Vorteil, dass relativ kurze Späne entstehen, die leicht vom Werkstück abgeführt werden können. Allerdings begünstigt diese Schnittunterbrechung das Entstehen von Schwingungen und damit von Rattermarken am Werkstück. Auch sind die einzelnen Schneiden einer thermischen Wechselwirkung ausgesetzt (Erwärmung der Werkzeugschneide im Schnitt, Abkühlung außerhalb des Schnitts). Verstärkt wird dies beim Einsatz von Kühlschmierstoffen. Aus diesem Grund ist die Trockenbearbeitung beim Fräsen sehr viel verbreiteter als bei anderen Bearbeitungsverfahren.
Bei Fräswerkzeugen kommen die Schneidstoffe Hochleistungs-Schnellarbeitsstahl (HSS), Hartmetall (HM) auf Wolframcarbid- und auf Titancarbid-Basis (Cermets), sowie hochharte Schneidstoffe wie polykristalliner Diamant (PKD) und kubisches Bornitrid (CBN) zum Einsatz. Keramische Schneidstoffe kommen seltener zur Anwendung, hauptsächlich Silizium-Nitrid ($Si_3N_4$) für die Gussbearbeitung.
Am weitesten verbreitet sind die Schneidstoffe HSS und Hartmetall, vor allem letztere haben sich durch die Entwicklung moderner Feinkorn- bzw. Ultrafeinkorn-Sorten (siehe **Kapitel 4**) beim Fräsen etabliert und stellen einen Anteil von über 50% dar.

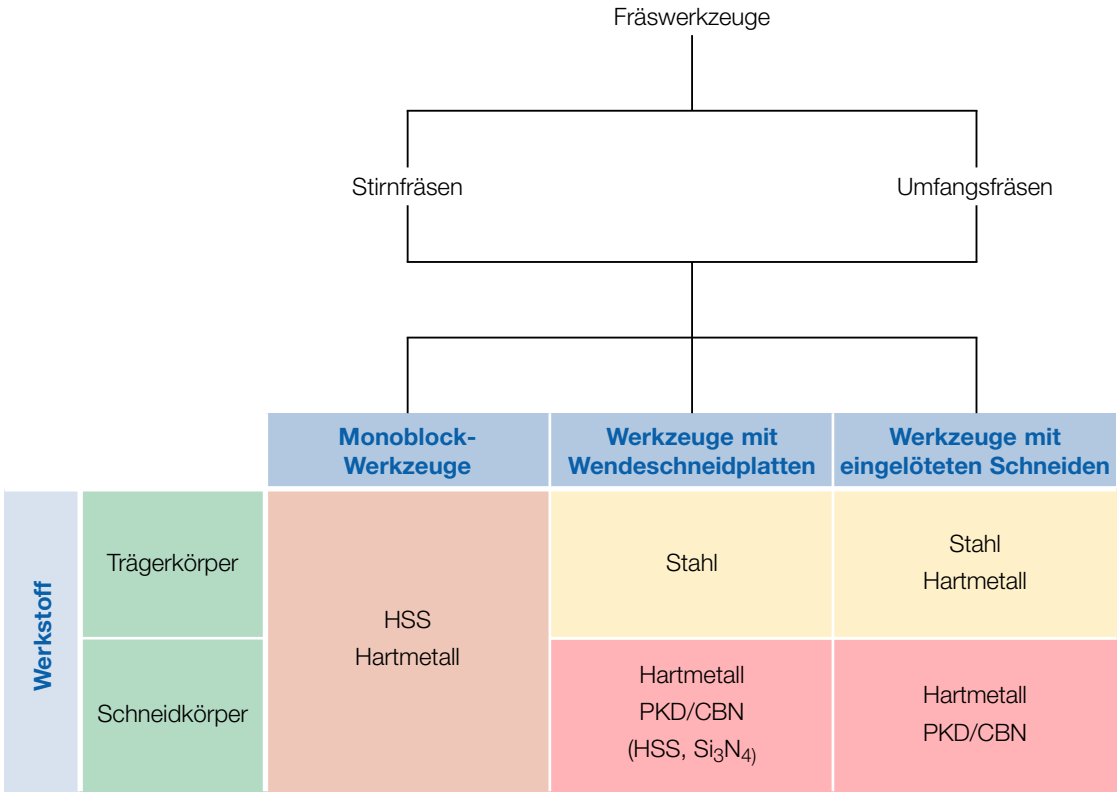
Das Fräsen wird in Umfangsfräsen und Stirnfräsen unterteilt. Beim Umfangsfräsen steht die Werkzeugachse parallel zur Werkstückoberfläche, die Zustellung erfolgt achsparallel. Beim Stirnfräsen hingegen steht die Werkzeugachse senkrecht zur Werkstückoberfläche, die Zustellung (Schnitttiefe) erfolgt in axialer Richtung.
Wann immer möglich werden heutzutage Fräswerkzeuge mit auswechselbaren Schneiden verwendet. Derartige Wendeschneidplatten-Fräser bestehen aus einem Trägerkörper – üblicherweise aus Stahl – und auswechselbaren Schneidkörpern aus Hartmetall, die meist mehrere Schneiden (Wendeschneidplatten) aufweisen. Mit diesen Werkzeugen ist die Bearbeitung wesentlich wirtschaftlicher als mit Monoblock-Werkzeugen, da nur die Schneidkörper bei Verschleiß gewechselt werden müssen. Auch können bei Verwendung des gleichen Trägerkörpers verschiedene Wendeschneidplatten hinsichtlich Schneidengeometrie (Spanleitstufen), Schneidstoff und Verschleißschutzschicht eingesetzt werden. Eine Ausführung als Wendeschneidplatten-Werkzeug scheitert allerdings oftmals an zu kleinen Abmessungen und komplexen Formen. Auch bei besonders hohen Genauigkeitsanforderungen (Rundlauf, Oberflächengüte) werden einteilige Werkzeuge oder ggf. einstellbare Wendeschneidplatten-Werkzeuge bevorzugt.



## 18.2 Einteilung von Fräswerkzeugen

Die vielseitigen Einsatzmöglichkeiten des Verfahrens erfordern entsprechend vielfältige Ausführungen von Fräswerkzeugen. Eine systematische und vollständige Einteilung ist daher kaum möglich. Im nachfolgenden Bild wurde eine Einteilung nach den Fräsverfahren Stirn- und Umfangsfräsen und nachfolgend nach dem Aufbau der Werkzeuge (Monoblock-Werkzeuge, Werkzeuge mit Wendeschneidplatten usw.) und den verwendeten Schneidstoffen vorgenommen.

**Einteilung von Fräswerkzeugen:**




| | | Monoblock-Werkzeuge | Werkzeuge mit Wendeschneidplatten | Werkzeuge mit eingelöteten Schneiden |
|---|---|---|---|---|
| Werkstoff | Trägerkörper | HSS<br>Hartmetall | Stahl | Stahl<br>Hartmetall |
| | Schneidkörper | | Hartmetall<br>PKD/CBN<br>(HSS, $Si_3N_4$) | Hartmetall<br>PKD/CBN |

Früher wurde das Umfangsfräsen bevorzugt angewendet, allerdings gewann das Stirnfräsen durch die Entwicklung neuer Fräsmaschinen mit entsprechender Steuerungstechnologie und automatisiertem Werkzeugwechsel immer mehr an Bedeutung. So wird heutzutage die Werkstückkontur meist durch Werkzeuge mit einfacher Standardgeometrie über Simultanbewegung in mehreren Achsen erzeugt. Bei komplizierten Werkstückkonturen mit hohen Genauigkeiten, wie man sie z.B. bei der Bearbeitung von Turbinenteilen antrifft (siehe **Kapitel 18.5.6**), kommen komplexe Werkzeugformen nach wie vor zum Einsatz. Durch die Verwendung von Werkzeugen mit beschichteten Schneidstoffen mit hoher Warmhärte und dem Einsatz geeigneter Frässtrategien ist das Stirnfräsen oftmals wesentlich leistungsfähiger und damit wirtschaftlicher als das Umfangsfräsen. Allerdings wird auch in Zukunft das Umfangsfräsen bei einzelnen Anwendungen wie z.B. bei der Zahnradherstellung oder der Keilwellenfertigung seine Berechtigung haben.

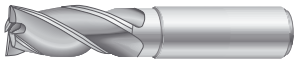
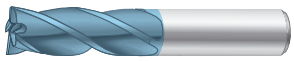
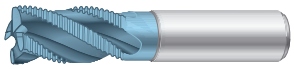
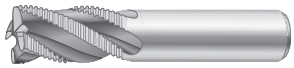
Nachfolgend sind verschiedene Varianten von Fräswerkzeugen aufgeführt. Auf Grund der vielfältigen Verfahrensvariationen beim Fräsen ist eine vollständige und dennoch überschaubare Übersicht über die angebotenen Fräswerkzeuge kaum möglich. Daher orientieren sich die nachfolgenden Darstellungen von Fräswerkzeugen vornehmlich am Lieferprogramm von EMUGE-FRANKEN.



# Fräsen

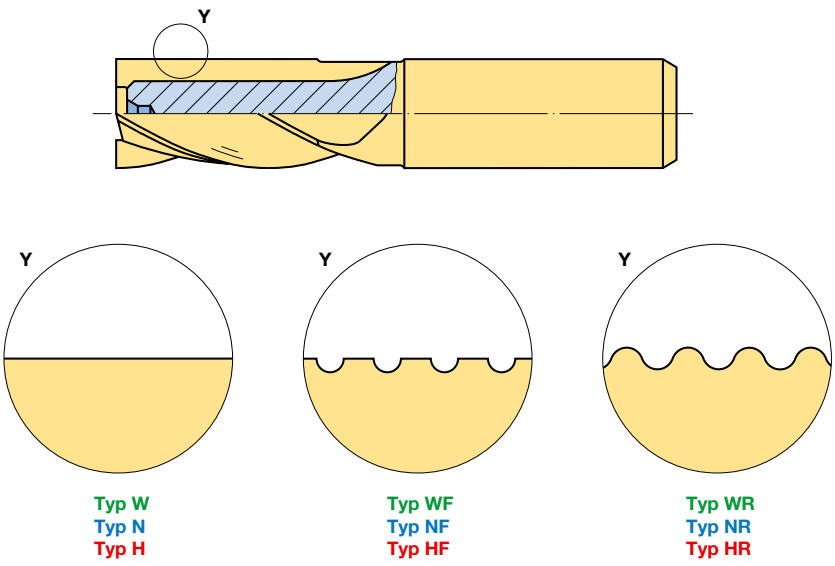
Die folgenden Bilder geben einen Überblick über die verschiedensten Fräswerkzeuge in Monoblock-Bauweise aus den Schneidstoffen HSS und Hartmetall. Beispielhaft wird eine Auswahl an Schaftfräsern mit gerader Stirn gezeigt.

## Monoblock-Schaftfräser mit gerader Stirn und verschiedenen Schneidenausführungen

| aus HSS | aus Hartmetall |
|---|---|
| **Typ N**  | **Typ N**  |
| **Typ NR**  | **Typ NR**  |
| **Typ N-Wave**  | **Typ S-Hard-Cut**  |

Die Wahl des Werkzeugs mit der geeigneten Schneidenausführung ist sowohl abhängig von dem zu bearbeitenden Werkstoff, als auch von der Bearbeitungsaufgabe (Schruppen oder Schlichten). Werkzeuge mit glatten Mantelschneiden, hoher Schneidenzahl und damit kleinen Spankammern (Schlichtwerkzeuge) erzeugen eine sehr gute Oberfläche, allerdings ist das mögliche Zerspanvolumen begrenzt. Für Schruppbearbeitungen, bei denen das Zerspanvolumen und weniger die Oberflächengüte im Vordergrund steht, verwendet man deshalb oft Werkzeuge mit Spanteilern an den Mantelschneiden (siehe nachfolgende Abbildung). Diese Spanteiler sorgen für kurze Späne, die leicht entfernt werden können. Ein optimaler Versatz der Spanteiler zueinander sorgt für ausreichend gute Oberflächen. In der Tabelle auf Seite 593 sind die Anwendungsgebiete für Werkzeuge mit unterschiedlichen Schneidenausführungen wiedergegeben.
Schruppwerkzeuge werden in zwei verschiedenen Ausführungen angeboten. Bei Ausführung „F“ sind die Spanteiler etwas feiner, bei Ausführung „R“ etwas gröber. Die Abbildung auf Seite 594 oben gibt einen Überblick über die angebotenen Werkzeugtypen in Verbindung mit dem zu zerspanenden Material, der geforderten Oberflächengüte und dem zu entfernenden Spanvolumen. Der in der obenstehenden Abbildung gezeigte Fräser mit Wellenschliff Typ N-Wave schneidet besonders weich und ist damit für Fräsanwendungen geeignet, bei denen Schwingungen auftreten können, z.B. beim Fräsen von dünnen Stegen und Rippen.

**Schneidenausführungen von HSS-Schaftfräsern:**



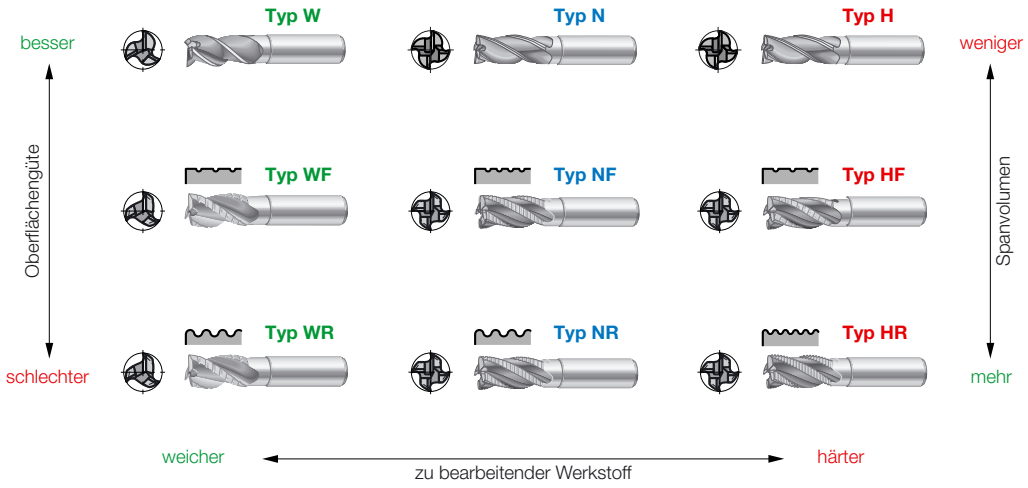


| Anwendungsgebiete von Schaftfräsern mit verschiedenen Schneidenausführungen | | | |
|---|---|---|---|
| **Werkstoff** | **Typ** | **Schneidenausführung** | **Eigenschaften** |
| weiche Werkstoffe | **W** | ohne Spanteiler | • Schlichtfräsen von weichen, langspanenden Werkstoffen<br>• gute Oberflächengüte |
| | **WF** | flache Spanteiler | • Schrupp-Schlichtfräsen von weichen, langspanenden Werkstoffen<br>• Späne werden gebrochen und gut abgeführt<br>• Oberflächen mit sichtbarem Muster |
| | **WR** | runde, grobe Spanteiler | • Schruppfräsen von weichen, langspanenden Werkstoffen<br>• Späne werden gebrochen und gut abgeführt<br>• hohe Vorschübe möglich<br>• Oberflächen mit deutlichem Muster |
| mittelharte Werkstoffe | **N** | ohne Spanteiler | • Schlichtfräsen von Werkstoffen mit mittlerer Festigkeit<br>• gute Oberflächengüte |
| | **NF** | flache Spanteiler | • Schrupp-Schlichtfräsen von Werkstoffen mit mittlerer Festigkeit<br>• Späne werden gebrochen und gut abgeführt<br>• Oberflächen mit sichtbarem Muster |
| | **NR** | runde, grobe Spanteiler | • Schruppfräsen von Werkstoffen mit mittlerer Festigkeit<br>• Späne werden gebrochen und gut abgeführt<br>• hohe Vorschübe möglich<br>• Oberflächen mit deutlichem Muster |
| harte Werkstoffe | **H** | ohne Spanteiler | • Schlichtfräsen von Werkstoffen mit hoher Festigkeit<br>• gute Oberflächengüte |
| | **HF** | flache Spanteiler | • Schrupp-Schlichtfräsen von Werkstoffen mit hoher Festigkeit<br>• Späne werden gebrochen und gut abgeführt<br>• Oberflächen mit sichtbarem Muster |
| | **HR** | runde, feine Spanteiler | • Schruppfräsen von Werkstoffen mit hoher Festigkeit<br>• Späne werden gebrochen und gut abgeführt<br>• hohe Vorschübe möglich<br>• Oberflächen mit deutlichem Muster |



# Fräsen

**Einordnung von verschiedenen Fräsertypen:**




Als Schaftformen bei Schaftfräsern hat sich ein glatter Zylinderschaft oder ein Zylinderschaft mit seitlicher Mitnahmefläche (DIN 1835 B bzw. DIN 6535 HB) etabliert. Nur noch vereinzelt finden Fräswerkzeuge mit Anzugsgewinde (DIN 1835 D) und Zentrierung am Schaftende Verwendung. Zylinderschäfte mit geneigter Spannfläche (DIN 1835 E bzw. DIN 6535 HE) werden üblicherweise nur bei Bohrwerkzeugen eingesetzt. Große HSS-Schaftfräser werden oft als Monoblock-Werkzeuge mit Morsekegelschaft (MK) oder bereits mit Steilkegel (z.B. SK50) gefertigt. Um Kosten einzusparen, fertigt man bei diesen Werkzeugen meist das Schneidenteil aus HSS und das Spannteil aus Einsatzstahl. Diese beiden Teile werden durch Reibschweißen verbunden und dann erst fertig bearbeitet.

**Schaftausführungen:**



glatter
Zylinderschaft



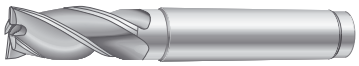
eine seitliche Mitnahmefläche
Schaftdurchmesser bis 20 mm



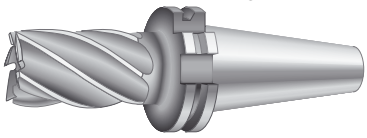
zwei seitliche Mitnahmeflächen
Schaftdurchmesser ab 25 mm

## HSS-Fräswerkzeuge mit Morsekegel- bzw. Steilkegelschaft

**Schlichtfräser mit Morsekegelschaft**



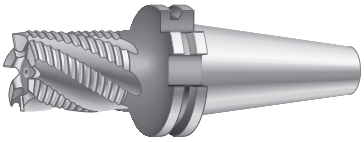
**Schlichtfräser mit Steilkegelschaft**



**Schruppfräser mit Morsekegelschaft**



**Schruppfräser mit Steilkegelschaft**



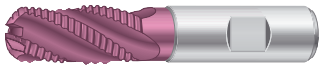
Vielfältig sind auch die Ausführungen von Schaftfräsern bezüglich ihrer Schneidenform. So werden Schaftfräser mit halbkugelförmiger Stirn oder mit Eckenradius (torischer Stirn), als auch mit kegeligen Mantelschneiden angeboten. Nachfolgend ist eine Auswahl aus HSS bzw. aus Hartmetall dargestellt.

## HSS-Schaftfräser in unterschiedlichen Schneidenausführungen

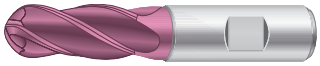
**Schaftfräser mit Eckenradius**



**Schaftfräser mit Radiusschneide und Schruppverzahnung**



**Schaftfräser mit Radiusschneide**



**Schaftfräser mit kegeligen Schneiden**



## Hartmetall-Schaftfräser in unterschiedlichen Schneidenausführungen

**Kugelfräser**



**Torusfräser**



**Kugelfräser mit extra kurzem Schaft**



**Kugelfräser mit 240°-Schneide**



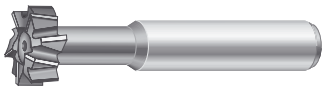


# Fräsen

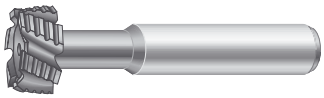
Daneben werden eine Vielzahl von Schaftfräsern mit standardisierten Formen angeboten, bei denen die Schneiden speziell für eine bestimmte Bearbeitungsaufgabe gefertigt sind, wie z.B. T-Nuten und Winkel.

## HSS-Schaftfräser mit speziellen Schneidenformen

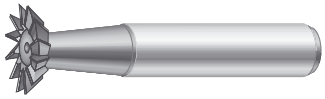
**T-Nutenfräser ohne Spanteiler**



**T-Nutenfräser mit Spanteiler**



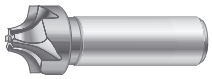
**Winkelfräser**



**Winkelfräser**



**Viertelrund-Profilfräser**



Die Bezeichnung von Schaftfräsern erfolgt nach DIN.

### Bezeichnungsbeispiel nach DIN 6529 für Vollhartmetall-Schaftfräser nach DIN 6527:

**Fräser DIN 6527-A10K-Z3 (=FRANKEN Art.-Nr. 1803.010)**

Form A, mit glattem Zylinderschaft
nach DIN 6535 Form HA

Schneidendurchmesser 10 mm

kurze Ausführung

linksschneidend
(Regelausführung rechtsschneidend)

Linksdrall
(Regelausführung Rechtsdrall)

Richtdrall 45°
(Regelausführung 30°)

Eckenrundung R = 1 mm
(Regelausführung ohne Eckenrundung,
ohne Eckenfase und meist mit
Eckenschutzfase)

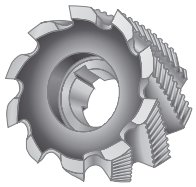
Anzahl der Schneiden

**Fräser DIN 6527-A10K-LL-45R1-Z3**

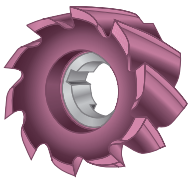
Walzenstirnfräser werden wie Schaftfräser in vielfältigen Ausführungen angeboten. So gibt es diese Fräswerkzeuge in Schrupp- oder Schlichtausführung, unbeschichtet oder mit einer Verschleißschutzschicht versehen und in den verschiedensten Größen. Walzenstirnfräser sind mit einer Passfedernut zum Spannen auf einem Aufnahmedorn versehen.

## HSS-Walzenstirnfräser

**mit Schruppverzahnung**



**mit Schlichtverzahnung**



Auch bei Umfangsfräsern werden standardisierte Formwerkzeuge für die Erzeugung bestimmter Werkstückformen angeboten. In der nachfolgenden Abbildung ist eine Auswahl solcher Formwerkzeuge dargestellt. Neben diesen gezeigten Werkzeugen gibt es natürlich noch eine große Anzahl von Form-Wälzfräsern wie Verzahnungs-Wälzfräser oder Keilwellenprofil-Wälzfräser auf die hier nicht näher eingegangen wird.

## HSS-Aufsteck-Umfangsfräser

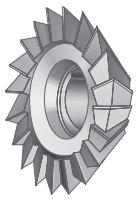
**Scheibenfräser**



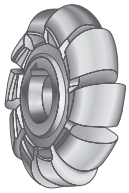
**Prismenfräser**



**Winkelstirnfräser**



**Halbrund-Profilfräser, konvex**



**Halbrund-Profilfräser, konkav**



### Bezeichnungsbeispiel für HSS-Walzenstirnfräser mit Längs- und Quernut nach DIN 1880:

**Fräser DIN 1880-63HR-HSS-E (=FRANKEN Art.-Nr. 4061.063)**

- Außendurchmesser 63 mm
- linksschneidend (Regelausführung rechtsschneidend)
- Linksdrall (Regelausführung Rechtsdrall)
- Werkzeug-Anwendungsgruppe HR
- Anzahl der Schneiden
- Legierungsgruppe des Schnellarbeitsstahls (Regelausführung FRANKEN = HSS-E)

**Fräser DIN 1880-63-LL-HR-Z10-HSS**



# Fräsen

## Kurzbeschreibung der FRANKEN-Fräswerkzeuge

| Werkzeug | Typ | Schneid-stoff | Schneidenausführung |
|---|---|---|---|
| | W | HSS | ohne Spanteiler |
| | Alu-W-Cut | VHM | ohne Spanteiler |
| | AL plus | HSS | ohne Spanteiler |
| | WR | HSS | grobe, runde Spanteiler |
| | WF | HSS | flache Spanteiler |
| | N | HSS | ohne Spanteiler |
| | NWave | HSS | ohne Spanteiler, Wellenform |
| | N-TR | HSS | flache Spanteiler |
| | N | VHM | ohne Spanteiler |
| | N-Cut | VHM | ohne Spanteiler, abgesetzte Spannut |
| | N-Cut | VHM | wechselseitige Sägeverzahnung |
| | NF | HSS | flache Spanteiler |
| | NF-Rekord | HSS | flache Spanteiler |
| | NR | HSS | grobe, runde Spanteiler |
| | NR-Cut | VHM | feine, runde Spanteiler |
| | HPC-Jet-Cut | VHM | abgesetzte Spannut |
| | H-rekord | HSS | ohne Spanteiler |
| | HR | HSS | feine, runde Spanteiler |
| | HR-rekord | HSS | feine, runde Spanteiler |
| | Hard-Cut | VHM | ohne Spanteiler |
| | S-Hard-Cut | VHM | ohne Spanteiler |
| | Mega TOP Soft | HSS | flache Spanteiler |
| | Mega TOP Light | VHM | flache Spanteiler |
| | Mega TOP Inox | HSS | flache Spanteiler |
| | Mega TOP Medium | VHM | flache Spanteiler |
| | Mega TOP Hard | HSS | flache Spanteiler |
| | Mega TOP Extreme | VHM | flache Spanteiler |

VHM = Vollhartmetall



| erzeugte Oberfläche | Bemerkungen |
|---|---|
| glatt | Schlichtfräsen von weichen, zähen, langspanenden Werkstoffen, z.B. Al-Legierungen oder Kunststoffe |
| glatt | Fräsen von weichen, zähen, langspanenden Werkstoffen, z.B. Alu-Legierungen, Magnesium-Legierungen oder Kunststoffe |
| glatt | Fräsen von weichen, zähen, langspanenden Werkstoffen, z.B. Alu-Legierungen, Magnesium-Legierungen oder Kunststoffe |
| deutliche Muster | Schruppfräsen von weichen, zähen, langspanenden Werkstoffen |
| sichtbare Muster | Schrupp-Schlichtfräsen von weichen, zähen, langspanenden Werkstoffen |
| glatt | Schlichtfräsen von Stahl oder stahlähnlichen Werkstoffen bis zu einer Zugfestigkeit von 1200 N/mm$^2$ |
| fast glatt | Schlichtfräsen von Stahl oder stahlähnlichen Werkstoffen, bei labilen, schwingenden Werkstoffen, bis zu einer Zugfestigkeit von 1200 N/mm$^2$ |
| sichtbare muster | Schlichtfräsen von rost-, säure- und hitzebeständigen Legierungen oder Titan |
| glatt | Fräsen von Stahl oder stahlähnlichen Werkstoffen, geglühter Zustand, vergüteter Zustand, Kupferlegierungen |
| glatt | Fräsen von Stahl oder stahlähnlichen Werkstoffen, geglühter Zustand, vergüteter Zustand, gehärteter Zustand bis ca. 56 HRC |
| sichtbare Muster | Fräsen von Kunststoffen, GFK, CFK |
| sichtbare Muster | Schrupp-Schlichtfräsen von Stahl oder stahlähnlichen Werkstoffen bis zu einer Zugfestigkeit von 1200 N/mm$^2$ |
| fast glatt | Schrupp-Schlichtfräsen von Stahl oder stahlähnlichen Werkstoffen bis zu einer Zugfestigkeit von 1200 N/mm$^2$ |
| deutliche Muster | Schruppfräsen von Stahl oder stahlähnlichen Werkstoffen bis zu einer Zugfestigkeit von 300 N/mm$^2$ |
| deutliche Muster | Fräsen von Stahl oder stahlähnlichen Werkstoffen, geglühter Zustand, vergüteter Zustand, gehärteter Zustand bis ca. 56 HRC |
| glatt | Fräsen von Stahl oder stahlähnlichen Werkstoffen, geglühter Zustand, vergüteter Zustand, gehärteter Zustand bis ca. 56 HRC |
| glatt | Schlichtfräsen von Stahl oder stahlähnlichen Werkstoffen bis zu einer Zugfestigkeit von 1200 N/mm$^2$ |
| deutliche Muster | Schruppfräsen von Stahl oder stahlähnlichen Werkstoffen, Kupferlegierungen, Zugfestigkeit 600-1200 N/mm$^2$ |
| deutliche Muster | Schruppfräsen von Stahl oder stahlähnlichen Werkstoffen, Kupferlegierungen, Zugfestigkeit 800-1400 N/mm$^2$ |
| glatt | Fräsen von Stahl oder stahlähnlichen Werkstoffen, vergüteter, gehärteter Zustand bis ca. 56 HRC |
| glatt | Schlichtfräsen von gehärteten Werkstoffen bis zu einer Härte von 66 HRC |
| sichtbare Muster | Schruppfräsen von unlegierten Stahlwerkstoffen bis zu einer Zugfestigkeit von 600 N/mm$^2$ oder Nichteisenmetallen |
| sichtbare Muster | Schruppfräsen von unlegierten Stahlwerkstoffen oder Nichteisenmetallen |
| sichtbare Muster | Schruppfräsen von Nichteisenmetallen, Titan- und Inox-Materialien |
| sichtbare Muster | Schruppfräsen von legierten Stahlwerkstoffen bis ca. 1500 N/mm$^2$, Inox-Materialien, Titan |
| sichtbare Muster | Schruppfräsen von legierten Stahlwerkstoffen oder Gusslegierungen |
| sichtbare Muster | Schruppfräsen von legierten Stahlwerkstoffen mit einer Zugfestigkeit über 1500 N/mm$^2$ oder Gusslegierungen |



# Fräsen

Im Folgenden soll nun eine Auswahl von Wendeschneidplatten und die dazu gehörenden Trägerwerkzeuge gezeigt werden. Wendeschneidplatten werden in verschiedenen Formen, Geometrien, Größen und Toleranzen angeboten. In DIN 4987 und ISO 1832 sind die Bezeichnungen in Form von Kennbuchstaben und Kennzahlen festgelegt. Dabei wird nur die geometrische Form der Wendeschneidplatte bezeichnet, der Schneidstoff und eine evtl. vorhandene Beschichtung gehen nicht in die Normbezeichnung mit ein und müssen vom Hersteller gesondert angegeben werden. Da die Norm ursprünglich aus dem Englischen stammt, sind Dimensionsangaben in Zoll angegeben oder es werden die umgerechneten metrischen Maße verwendet. Ein Beispiel soll die Systematik der Bezeichnung erläutern.

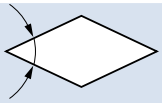
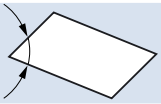
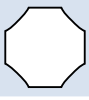
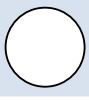
**Bezeichnung einer Wendeschneidplatte für die Fräsbearbeitung nach DIN 4987 und ISO 1832:**

| **R** | **D** | **G** | **T** | | **12** | **04** | M0 | | E | N | **-** | - |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | | 5 | 6 | 7 | | 8 | 9 | | 10 |

Dies bezeichnet eine runde Wendeschneidplatte mit 15° Freiwinkel der Toleranzklasse G. Die Wendeschneidplatte besitzt eine Bohrung mit Innenkonus und Spanleitstufe. Der Plattendurchmesser beträgt 12 mm und die Dicke 4,76 mm. Sie hat eine verrundete Schneidkante und ist von der Schneidenrichtung neutral (d.h. Rechts- und Linkslauf geeignet).
Nachfolgend werden die Kennzeichnungen von Wendeschneidplatten erläutert:

Mit der **1. Stelle** wird die Form der Wendeschneidplatte definiert.

**1. Stelle – Bezeichnung der Wendeschneidplattenform**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
|  |  |  |  |  |
| S | L | T | P | H |
| | |  | | |
| 35° | 55° | 75° | 80° | 86° |
| V | D | E | C | M |
| |  | |  |  |
| 55° | 82° | 85° | - | - |
| K | B | A | O | R |

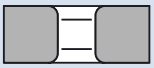
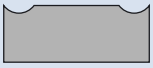
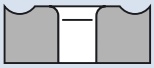
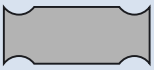
Mit der **2. Stelle** wird der Freiwinkel einer Wendeschneidplatte bezeichnet. Während beim Fräsen mit positiven Wendeschneidplatten häufig Freiwinkel von 15° oder 20° verwendet werden, sind es beim Drehen eher Wendeschneidplatten mit Freiwinkeln von 7° oder 11°. Bei Wendeschneidplatten mit 0° Freiwinkel (Bezeichnung N) wird der notwendige Freiwinkel über die Einbaulage der Wendeschneidplatte definiert. Bei abweichendem Freiwinkel (Bezeichnung O) muss dieser vom Werkzeughersteller gesondert angegeben werden.

| 2. Stelle – Bezeichnung der Freiwinkel | |
|---|---|
| **Kennziffer** | **Freiwinkel α** |
| A | 3° |
| B | 5° |
| C | 7° |
| D | 15° |
| E | 20° |
| F | 25° |
| G | 30° |
| N | 0° |
| P | 11° |
| O | anderer Freiwinkel |

Die 3. Stelle legt die Toleranz für die Wendeschneidplatte fest. Die Toleranzen sind von der Toleranzklasse und teilweise von der Größe der Wendeschneidplatte abhängig (siehe DIN ISO 6987). Durch die Festlegung der Toleranzklasse wird in hohem Maße auch der Preis für eine Wendeschneidplatte festgelegt. So müssen Wendeschneidplatten der Toleranzklassen A bis G nach dem Sintern geschliffen werden, um die geforderten Genauigkeiten zu erreichen, während bei den Klassen J bis U dies üblicherweise nicht der Fall ist, was sich natürlich auf den Preis niederschlägt.

Mit der **4. Stelle** sind besondere geometrische Merkmale wie Spanleitstufen und/oder die Befestigung der Wendeschneidplatte definiert.

**4. Stelle – Bezeichnung von Spanleitstufen und Befestigung**

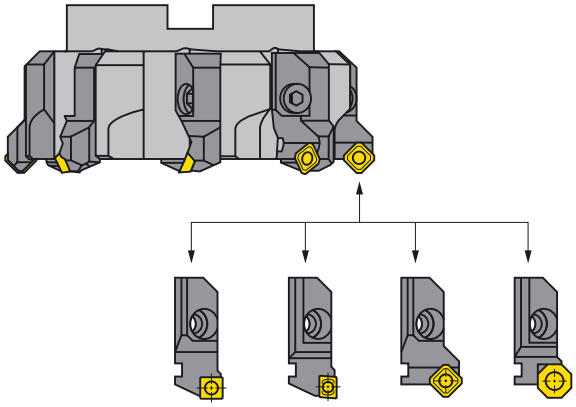
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
|  |  |  |  |  |
| N | A | W | Q | G |
|  |  |  |  |  |
| R | M | T | F | U |

Beim Fräsen werden meist Wendeschneidplatten mit Bohrung verwendet, die dann mit einer Schraube im Trägerkörper befestigt werden. Es kommen aber auch davon abweichende Befestigungsarten vor, wie z.B. Klemmung über einen Keil oder einer Spannpratze. Durch das Abstimmen von Schneidplattensitz und Wendeschneidplattengeometrie sind vielfältige Schneidgeometrien herstellbar. Große und damit teure Wendeschneidplatten-Werkzeuge sind oft mit ebenfalls auswechselbaren Kassetten für die Aufnahme der Wendeschneidplatten versehen. Damit ist es einerseits möglich, auch verschiedene Plattenformen in ein Werkzeug aufzunehmen, andererseits ist bei Plattenbruch bzw. einer Verformung des Plattensitzes ein kostengünstiger Austausch der Kassette und damit eine Weiterverwendung des Trägerkörpers möglich.



# Fräsen

**Wendeschneidplatten-Aufsteckfräser mit Wechselkassetten für verschiedene Wendeschneidplattenformen:**



Die **Stellen 5 - 7** geben die Dimension der Wendeschneidplatte an. Die 5. Stelle bezeichnet die Schneidenlänge in mm. Dieser Wert wird auf die nächstkleinere ganze Zahl gerundet und bei einstelligen Ziffern wird eine 0 vorangestellt ( z.B. l = 9,52 mm ergibt Kennziffer 09).
Durch die 6. Stelle wird die Plattendicke bezeichnet, wobei die Systematik analog zur Bezeichnung der Schneidenlänge ist ( z.B. s = 6,35 mm ergibt Kennziffer 06).
Mit der 7. Stelle werden Fasenausführung und Eckenradien beschrieben. Diese Bezeichnung hängt von der Form und Ausführung der Wendeschneidplatte ab.

Mit der **8. Stelle** wird die Schneidenausführung gekennzeichnet.

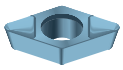
| 8. Stelle – Bezeichnung der Schneidenausführung | |
|---|---|
| **Kennbuchstabe** | **Schneidenausführung** |
| F | scharfkantig |
| E | gerundet |
| T | gefast |
| S | gefast und gerundet |
| K | beidseitig gefast |
| P | beidseitig gefast und gerundet |

Die **9. Stelle** bezeichnet die Drehrichtung der Wendeschneidplatte. Bei den meisten Wendeschneidplatten sind beide Drehrichtungen möglich. Diese Wendeschneidplatten werden mit N bezeichnet. Ist auf Grund einer assymetrischen Bauweise der Wendeschneidplatte nur eine Drehrichtung möglich, so wird das mit **R** für Rechtslauf und **L** für Linkslauf gekennzeichnet.

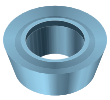
Nachfolgend sind stellvertretend einige wenige Wendeschneidplatten unterschiedlicher Form und Größe (Innenkreisdurchmesser: IC) aus dem Lieferprogramm von EMUGE-FRANKEN dargestellt. Diese Wendeschneidplatten sind in verschiedenen Größen und, je nach Einsatzgebiet, in verschiedenen Hartmetallqualitäten und mit unterschiedlichen Beschichtungen verfügbar.

## Rhombische und runde Hartmetall-Wendeschneidplatten (WSP)

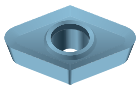
**WSP IC 4,6 mit positivem Spanwinkel**



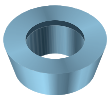
**WSP IC 12 mit positivem Spanwinkel**



**WSP IC 9,2 mit positivem Spanwinkel**



**WSP IC 12 mit neutralem Spanwinkel**



## Sonder-Wendeschneidplatten mit tangentialen Radiusübergängen

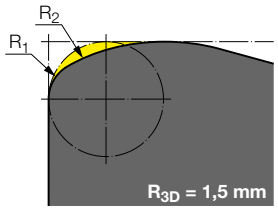
**Wendeschneidplatte IC 8**

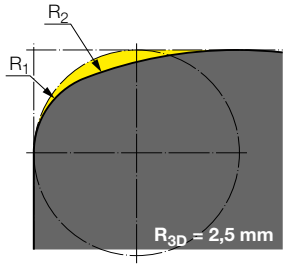


**Wendeschneidplatte IC 12,5**



**Schneidengeometrien**




Neben diesen in der Norm vorgeschlagenen Wendeschneidplattenformen werden eine große Anzahl von Abwandlungen und Sonderformen angeboten. Als Beispiel hierfür sei die Time-S-Cut-Wendeschneidplatte von EMUGE-FRANKEN angeführt (siehe Abbildungen oben). Durch die bei dieser Wendeschneidplatte verwendeten Schneidengeometrien sind große Vorschübe zu realisieren, allerdings ist beim Einsatz dieser Werkzeuge darauf zu achten, dass die verwendete Werkzeugmaschine genügend Stabilität und Leistung besitzt, da sehr große Zerspanungskräfte zu erwarten sind. Bei der Programmierung der Werkzeugwege ist zu beachten, dass bei Angabe des theoretischen Schneidenradius der gelb eingefärbte Bereich als Aufmaß auf einem Schulterübergang des Werkstücks verbleibt.

Wendeschneidplatten sind in verschiedenen Hartmetallsorten und mit verschiedenen Beschichtungen und Schneidengeometrien verfügbar. Dadurch ist es möglich, mit den gleichen Werkzeugen verschiedene Materialien wirtschaftlich zu bearbeiten. Während die Wendeschneidplatten mit eingesintertem positiven Spanwinkel für die Bearbeitung von weichen Werkstoffen, wie z.B. Aluminium-Knetlegierungen, vorgesehen sind, eignen sich die Wendeschneidplatten mit neutralem oder negativem Spanwinkel gut für das Fräsen von harten Werkstoffen. In Verbindung mit einer geeigneten Verschleißschutzschicht wird die Standzeit in den meisten Fällen entscheidend erhöht.

Auch die Darstellung der Wendeschneidplatten-Fräswerkzeuge beschränkt sich auf Grund der gegebenen Vielfalt auf wenige Beispiele. Im Einzelnen werden Einschraub-, Schaft- und Aufsteckfräser mit unterschiedlichen Wendeschneidplattenformen und Einbaulagen gezeigt.

## Schaftfräser mit Wendeschneidplatten unterschiedlicher Form







# Fräsen

## Aufsteckfräser mit Wendeschneidplatten unterschiedlicher Form

**Aufsteckfräser**
**mit zweischneidiger Wendeschneidplatte**



## Fräswerkzeuge mit runden Wendeschneidplatten

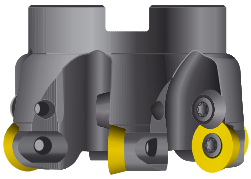
**Einschraubfräser**



**Schaftfräser**

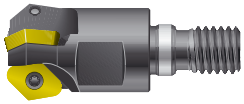


**Aufsteckfräser**

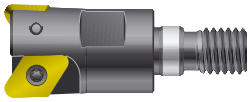


## Fräswerkzeuge mit rhombischen Wendeschneidplatten

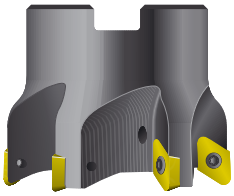
**Einschraubfräser mit Einstellwinkel 45°**



**Einschraubfräser mit Einstellwinkel 92,5°**



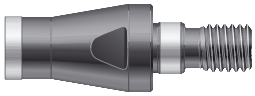
**Aufsteckfräser mit Einstellwinkel 92,5°**



Für Einschraubwerkzeuge werden Zwischenadapter in verschiedenen Ausführungen und Längen angeboten, um die Werkzeuglänge optimal auf die Fräsaufgabe anpassen zu können (siehe **Kapitel 18.5.4**).

## Zwischenadapter für Einschraubfräser

**Zwischenadapter mit Gewinde**



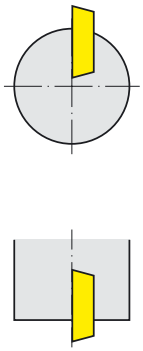
**Zwischenadapter mit Morsekegelschaft**



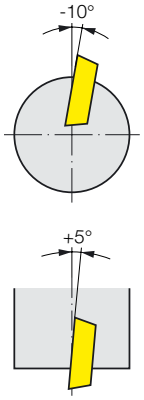
Durch die Einbaulage der Wendeschneidplatten im Trägerkörper kann die Schneidengeometrie nochmals beeinflusst werden (siehe **Kapitel 18.3.5**). Auch wird durch eine radial negative Einbaulage der Wendeschneidplatte die Spanabfuhr verbessert und durch eine axial positive Einbaulage der Spanwinkel größer und somit der Frässchnitt weicher, allerdings verringert sich bei dieser Einbaulage auch der Freiwinkel an der Stirn und die Reibung zwischen Wendeschneidplatte und Werkstück vergrößert sich.

## Verschiedene Einbaulagen von Wendeschneidplatten

**Einbaulage radial und axial neutral ( 0°)**



**Einbaulage radial –10° axial +5°**



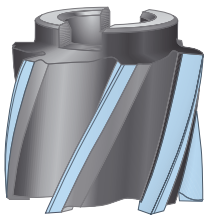

Neben diesen Werkzeugen mit Wendeschneidplatten, bei denen mit relativ geringen axialen Zustellungen zerspant wird, gibt es auch Wendeschneidplattenfräser in Schaftausführung (sog. Igelfräser), bei denen am Umfang Wendeschneidplatten radial oder auch tangential angebracht sind. Diese Werkzeuge haben durch ihren sehr hohen Leistungsbedarf keine große Bedeutung mehr.

## Fräswerkzeuge mit eingelöteten gedrallten Hartmetall-Schneiden

**Schaftfräser mit seitlicher Mitnahmefläche**



**Aufsteckfräser**



Ebenfalls kommen Werkzeuge mit eingelöteten gedrallten Hartmetall-Schneidkörpern zum Einsatz. Durch die Verbreitung von Wendeschneidplatten-Werkzeugen verlieren diese immer mehr an Bedeutung, gleichwohl werden sie – nicht zuletzt wegen ihrer hohen Rund- und Planlaufgenauigkeit – nach wie vor angeboten.



# Fräsen

Dagegen nimmt die Bedeutung von Fräswerkzeugen mit hochharten Schneiden aus PKD und CBN immer mehr zu. Sind diese Werkzeuge als Schaftfräser ausgeführt, so sind die hochharten Schneiden meist auf einen Trägerkörper aus Hartmetall aufgelötet.

## Fräswerkzeuge mit eingelöteten PKD- bzw. CBN-Schneiden

**Radiusfräser mit PKD-Schneiden**



**Radiusfräser mit CBN-Schneiden**



**Torusfräser mit PKD-Schneiden**



**Torusfräser mit CBN-Schneiden**



**Eckfräser mit PKD-Schneiden**

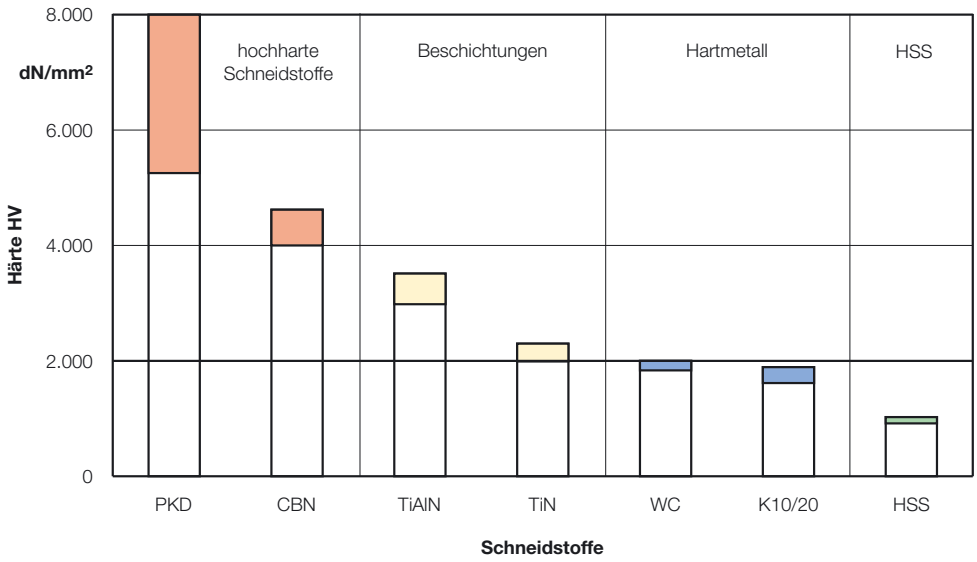


**Eckfräser mit CBN-Schneiden**



Diamant ist der härteste bekannte Schneidstoff und besteht aus Kohlenstoff. PKD besteht aus einzelnen Diamantkristallen, die zu einer vernetzten Gitterstruktur gesintert wurden. Die Zwischenräume zwischen den Kristallen sind mit einem metallischen Bindemittel gefüllt. Durch die Affinität des Kohlenstoffs zum Eisen ist PKD nicht für die Bearbeitung von Gusseisen und Stählen geeignet. PKD-Werkzeuge werden eingesetzt bei der Bearbeitung von stark abrasiven Werkstoffen wie Aluminium mit hohem Siliziumgehalt, faserverstärkten Kunststoffen oder Metall-Verbundwerkstoffen (Metall Matrix Composits/MMC).
Kubisches Bornitrid ist nach Diamant der zweithärteste Schneidstoff. Es hat zudem eine höhere chemische und thermische Widerstandsfähigkeit als Diamant. Daher ist es sehr gut zum Bearbeiten von harten und abrasiven Eisenwerkstoffen geeignet.

**Härtevergleich verschiedener Schneidstoffe und Beschichtungen:**

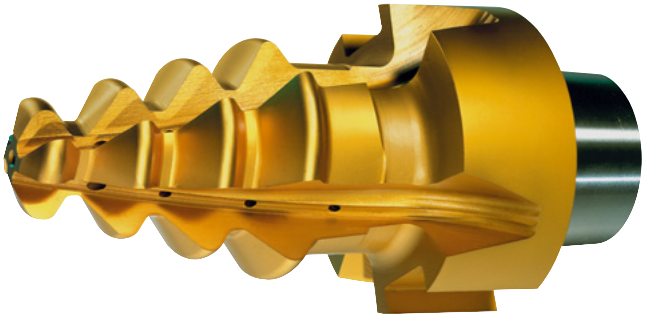



Durch die hohe Härte und damit einhergehende Sprödigkeit sind diese hochharten Schneidstoffe äußerst empfindlich gegen Beschädigungen. Derartige Werkzeuge sind mit Vorsicht zu behandeln. Das Vermessen dieser Werkzeuge mit einem Messschieber oder einer Bügelmessschraube ist zu vermeiden. Zur Werkzeug-

voreinstellung sind optische Systeme den tastenden vorzuziehen. Bei der Lagerung solcher Werkzeuge ist sicherzustellen, dass sie am Lagerort nicht gegeneinander schlagen und dabei beschädigt werden. Fräswerkzeuge mit hochharten Schneiden werden allerdings im Gegensatz zu Fräswerkzeugen aus HSS oder Hartmetall auch häufig als Sonderausführung für eine bestimmte Bearbeitungsaufgabe hergestellt. Sind die eingelöteten Schneiden verschlissen, gibt es entweder die Möglichkeit, das Werkzeug zu schärfen, oder neue Scheideneinsätze einzulöten.

**Sonderwerkzeuge**

**Sonderfräser mit Tannenbaumprofil**



Als Beispiel für ein Sonderwerkzeug wird hier ein Fräser für die Bearbeitung an Turbinenläufern gezeigt. Diese Werkzeuge zeichnen sich durch eine sehr hohe Fertigungsgenauigkeit aus. Auf die Fräsbearbeitung mit diesen Spezialwerkzeugen wird in **Kapitel 18.5.6** noch näher eingegangen.

## 18.3 Grundlagen der Frästechnologie

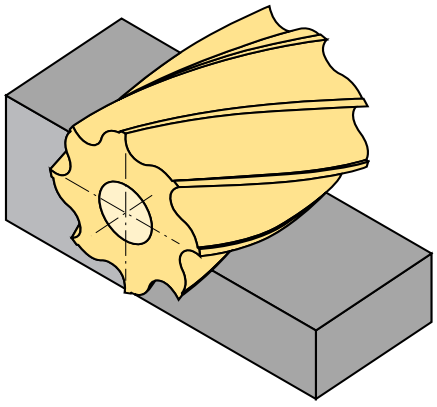
Das Grundprinzip beim Zerspanungsvorgang bildet der Schneidkeil, der in das Werkstück eindringt und dabei das zu zerspanende Material elastisch und plastisch verformt und den Span abtrennt. Dabei führt, wie bereits erwähnt, beim Fräsen das Werkzeug eine drehende Schnittbewegung aus. Dadurch ergeben sich folgende Unterscheidungen hinsichtlich des Fräsvorgangs:

### 18.3.1 Stirnfräsen / Umfangsfräsen

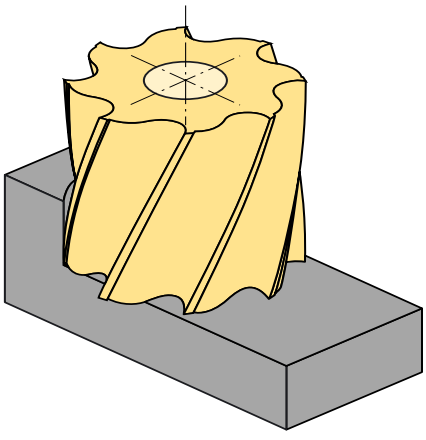
Je nach Lage der Werkzeugachse zur erzeugten Oberfläche unterscheidet man in:

- Stirnfräsen (Fräserachse senkrecht zur Arbeitsfläche)
- Umfangsfräsen (Fräserachse parallel zur Arbeitsfläche)

**Umfangsfräsen (Walzenfräser)**



**Stirn-/Umfangsfräsen (Walzenstirnfräser)**

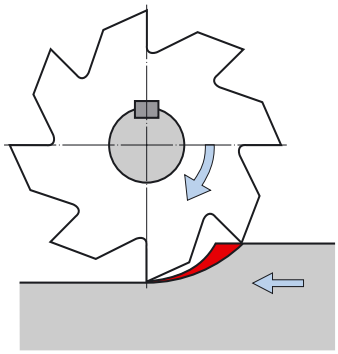


In beiden Fällen wird das Zerspanen von den Umfangs- oder Hauptschneiden durchgeführt, die Stirn- oder Nebenschneiden glätten gegebenenfalls durch Schaben die Oberfläche.

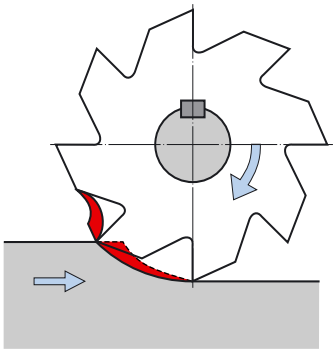
## 18.3.2 Gleichlauffräsen / Gegenlauffräsen

Aus der Relativbewegung zwischen Werkzeug und Werkstück ergibt sich eine weitere Verfahrenseinteilung:

**Gleichlauffräsen**
(Vorschubrichtung des Werkstücks **in Drehrichtung** des Werkzeugs)



**Gegenlauffräsen**
(Vorschubrichtung des Werkstücks **entgegen der Drehrichtung** des Werkzeugs)

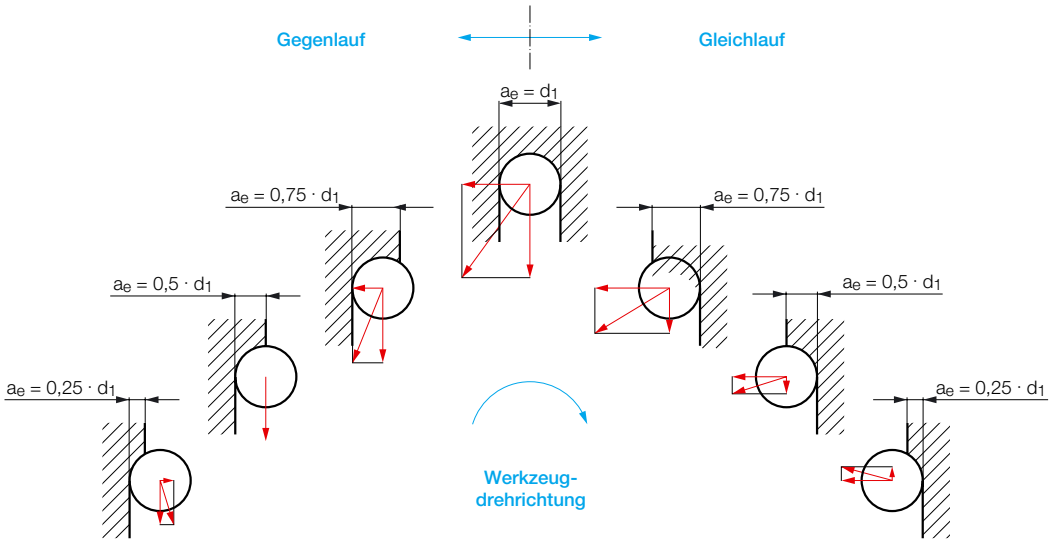


Beim Gegenlauffräsen beginnt der Schnittvorgang mit Spanungsdicke Null (die Schneide will dem Werkstück ausweichen und „drückt“). Die dabei entstehende Schnittkraft wirkt entgegen der Vorschubkraft. Diese Bearbeitungsrichtung erfordert eine stabile Aufspannung des Werkstücks auf den Maschinentisch, um ein Abheben zu vermeiden.
Beim Gleichlauffräsen beginnt die Bearbeitung mit der größten Spandicke und damit mit ausreichender Spanungsdicke und es kommt zu einem steilen Kraftanstieg beim Eintritt in das Werkstück. Das Werkstück wird an das Werkzeug herangezogen und auf die Tischfläche gepresst. Dies ist für moderne Schneidstoffe die günstigere Bearbeitungsvariante, sie setzt allerdings einen spielfreien Tischvorschub voraus, um ein ruckartiges Einziehen des Werkstücks in das Werkzeug zu verhindern (Rattern). Alle modernen Bearbeitungsmaschinen mit Kugelumlaufspindeln erfüllen diese Bedingung.
In der Praxis wird Gleichlauffräsen bevorzugt angewendet, zumal längere Werkzeugstandzeiten zu erwarten sind. Bei einigen Anwendungen, wie z.B. dem Hartfräsen, ist das Fräsen im Gleichlauf sogar die einzig erfolgversprechende Bearbeitungsart.

## 18.3.3 Werkzeugabdrängung

Die beim Fräsen auftretenden Schnittkräfte bewirken eine Abdrängung des Werkzeugs, die von seiner Auskraglänge aus der Werkzeugaufnahme, der Werkzeugform, der radialen Schnittiefe $a_e$ und des gewählten Bearbeitungsverfahrens Gleichlauf- oder Gegenlauffräsen abhängig ist.

**Kraftvektoren an einem Schaftfräser in Abhängigkeit verschiedener radialer Zustellungen und Bearbeitungsverfahren:**



Da die Abdrängung zu einem Großteil von der Auskraglänge und der Schaftgröße abhängt, ist darauf zu achten, die verwendeten Fräswerkzeuge so kurz wie möglich in die Werkzeugaufnahme zu spannen. Eine Faustformel für die Abdrängung besagt, dass eine Reduzierung der Auskraglänge um 25% eine Reduzierung der Werkzeugabdrängung um ca. 50% zur Folge hat.

Die Werkzeughersteller bieten aus diesem Grund Fräser, Werkzeugaufnahmen und Zwischenadapter in verschiedenen Baulängen an. Bei schwierigen Bearbeitungsaufgaben ist es unter Umständen nötig, Werkzeuge mit speziell angepassten Schaftausführungen zu verwenden.

### 18.3.4 Werkzeugverschleiß

Der Verschleiß an der Werkzeugschneide entsteht beim Ablaufen des Spans auf der Spanfläche, sowie zwischen erzeugter Werkstückoberfläche und Freifläche der Werkzeugschneide.

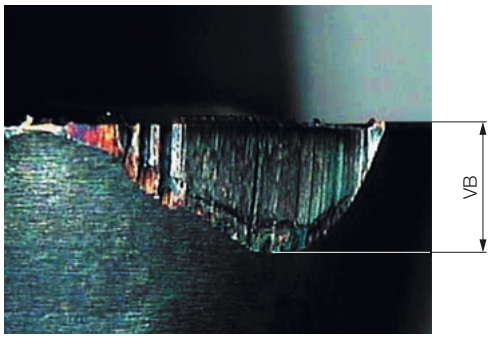
Werkzeugverschleiß wird durch mechanische, thermische und chemische Vorgänge hervorgerufen.
Die Ursachen für Werkzeugverschleiß sind:

- Abrasion (mechanischer Abrieb)
- Ädhäsion
- Diffusion
- Oxidation

Es lassen sich folgende Verschleißformen unterscheiden:

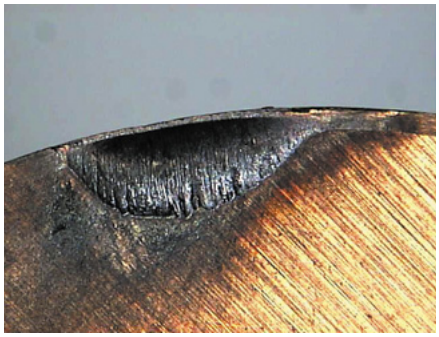
- **Freiflächenverschleiß**
  Freiflächenverschleiß, als hauptsächliche Verschleißform, zeigt sich als Abrieb auf der Freifläche des Werkzeugs. Die Größe der Verschleißfläche wird als Verschleißmarkenbreite VB bezeichnet.

**Freiflächenverschleiß (Blick auf Freifläche):**




- **Kolkverschleiß**
  Als Kolkverschleiß bezeichnet man einen Abtrag von Schneidstoff auf der Spanfläche des Werkzeugs. Als Größen werden Kolkbreite (KB) und Kolktiefe (KT) gemessen. Kolkverschleiß schwächt die Schneidkante und erhöht die Gefahr des Schneidenbruchs.

**Kolkverschleiß (Blick auf Spanfläche):**

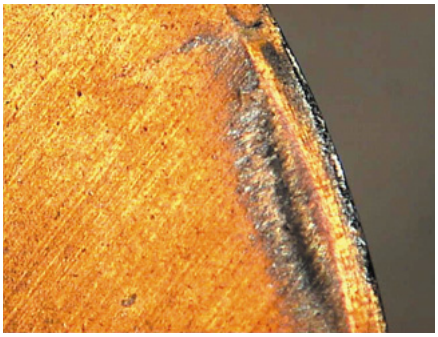




# Fräsen

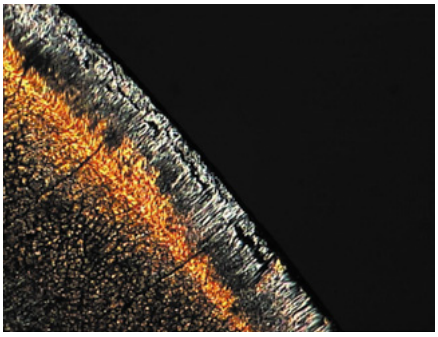
- **Plastische Verformung**
  Die Plastische Verformung entsteht, wenn die Schneidkante dauerhaft mechanisch und thermisch überlastet wird.

**Plastische Verformung (Blick auf Spanfläche):**



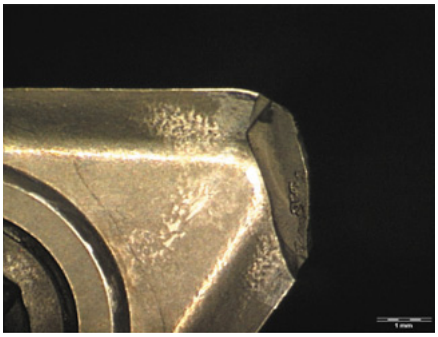
- **Kammrissbildung**
  Wird eine Schneidkante extremen thermischen Wechselbelastungen ausgesetzt, können Risse auftreten (besonders bei spröden Schneidstoffen). Die Risse bilden sich senkrecht zur Schneidkante und können zu plötzlichen Schneidenausbrüchen führen.

**Kammrisse an Werkzeugschneiden (Blick auf Spanfläche):**



- **Schneidenbruch**
  Schneidenbruch tritt auf, wenn die Schneidkante mechanisch überlastet wird, auch infolge vorangegangener Verschleißmechanismen wie Kolkverschleiß oder Kammrissbildung.

**Schneidenbruch (Blick auf Spanfläche):**



Verschiedene Verschleißformen können auch gemeinsam auftreten, wobei meistens eine Form – z.B. der Freiflächenverschleiß – dominiert und Standzeit bestimmend ist.

## 18.3.5 Geometrie an Fräswerkzeugen

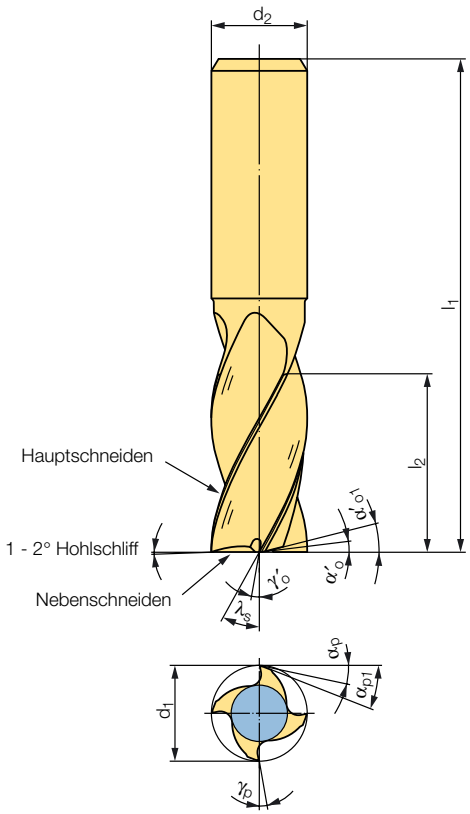
Die wichtigsten Winkel an Haupt- und Nebenschneide eines Werkzeugs sind Spanwinkel, Freiwinkel, Keilwinkel und, falls vorhanden, der Drallwinkel der Hauptschneiden.
Die wirtschaftliche Bearbeitung eines bestimmten Werkstoffs gelingt nur mit einem Werkzeug mit geeigneter Schneidengeometrie. Die nachfolgende Tabelle gibt Auskunft über die grundsätzliche Wahl der Winkel für die Bearbeitung bestimmter Werkstoffe.

**Werkstoffbezogene Wahl von Fräswerkzeug-Winkeln**

| | Spanwinkel $\gamma$ | Freiwinkel $\alpha$ | Keilwinkel $\beta$ |
|---|---|---|---|
| harte Werkstoffe | ⬇ | ⬇ | ⬆ |
| weiche Werkstoffe | ⬆ | ⬆ | ⬇ |
| zähe Werkstoffe | ⬆ | ⬆ | – |
| spröde Werkstoffe | ⬇ | ⬆ | – |

Der Keilwinkel $\beta$ sollte immer so groß wie möglich gewählt werden, um eine gute Wärmeabfuhr und eine hohe Stabilität sicherzustellen.
Der Drallwinkel beeinflusst die Anzahl der sich im Eingriff befindenden Schneiden (Zähne) und die Größe der am Werkzeug wirkenden Axialkraft. Bei einer Vergrößerung des Drallwinkels vergrößert sich auch die Schneidenzahl im Eingriff und die Fräsbearbeitung läuft ruhiger, allerdings nimmt auch die auf Werkzeug und Werkstück wirkende Axialkraft zu. Eine ausreichende Spannkraft muss ein Herausziehen des Werkzeugs aus dem Spannmittel verhindern.
Fräswerkzeuge mit großem Drallwinkel werden oft für Schlichtoperationen eingesetzt, bei denen eine hohe Oberflächengüte gefordert ist.

**Wichtige Winkel am Schaftfräser:**

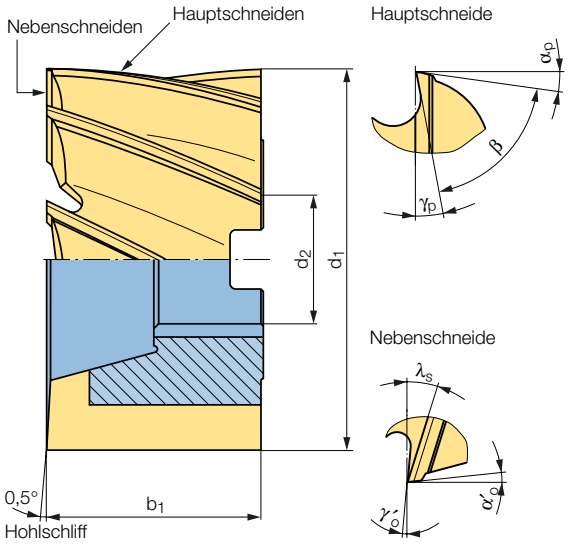



| | |
|---|---|
| $\alpha'_o$ | Primärfreiwinkel der Nebenschneiden |
| $\alpha'_{o1}$ | Sekundärfreiwinkel der Nebenschneiden |
| $\alpha_p$ | Primärfreiwinkel der Hauptschneiden |
| $\alpha_{p1}$ | Sekundärfreiwinkel der Hauptschneiden |
| $\gamma_p$ | Rückspanwinkel der Hauptschneiden |
| $\gamma'_o$ | Orthogonalspanwinkel der Nebenschneiden |
| $\lambda_s$ | Drallwinkel der Hauptschneiden |
| $l_1$ | Gesamtlänge |
| $l_2$ | Schneidenlänge |
| $d_1$ | Schneidendurchmesser |
| $d_2$ | Schaftdurchmesser |



# Fräsen

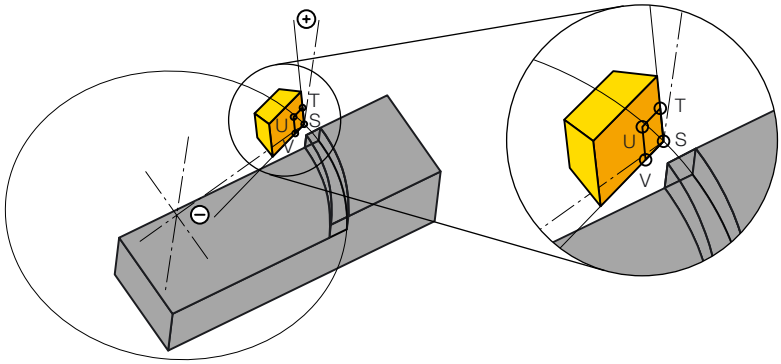
**Wichtige Winkel am Walzenstirnfräser:**




| | |
|---|---|
| $\alpha'_o$ | Orthogonalfreiwinkel der Nebenschneiden |
| $\alpha_p$ | Rückfreiwinkel der Hauptschneiden |
| $\gamma'_o$ | Orthogonalspanwinkel der Nebenschneiden |
| $\lambda_p$ | Rückspanwinkel der Hauptschneiden |
| $\beta$ | Keilwinkel |
| $\lambda_s$ | Drallwinkel der Hauptschneiden |
| $b_1$ | Werkzeugbreite |
| $d_1$ | Schneidendurchmesser |
| $d_2$ | Spanndurchmesser |

Neben dem Zwei-Fasen-Schliff mit 1. und 2. Freiwinkel ist auch der radiale Hinterschliff mit sich kontinuierlich vergrößerndem Freiwinkelhub üblich.
Beim Stirnfräsen mit Aufsteckwerkzeugen mit Wendeschneidplatten (Messerköpfe) ergeben sich, je nach Einbaulage der Wendeschneidplatte, vier mögliche Variationen des Kontaktpunkts der Spanfläche beim Schneideneintritt in das Werkstück. Die nachfolgende Abbildung zeigt eine schematische Darstellung der möglichen Einbaulage und die darauffolgende Tabelle die daraus resultierenden Anwendungen und Verschleißverhalten.

**Kontaktpunkte der Wendeschneidplatte beim Schneideneintritt am Beispiel einer axial positiven und radial negativen Wendeschneidplatten-Lage:**




**Anwendungen und Verschleißverhalten je nach Einbaulage der Wendeschneidplatte**

| Kontaktpunkt | Verschleißverhalten | Anwendung | Bemerkung |
|---|---|---|---|
| S | – | für weiche Werkstoffe | Gefahr von Schneidkantenausbruch |
| T | + | für allgemeine Zerspanung | stabile Schneidkante |
| U | ++ | für Schwerzerspanung von kurzspanenden Werkstoffen | wegen Schneidform kaum zu erreichen |
| V | + | für Schwerzerspanung von langspanenden Werkstoffen | ungünstig beim Schlichten |

Ebenfalls von Bedeutung beim Stirnfräsen ist die Wahl des Werkzeugdurchmessers im Verhältnis zur radialen Zustellung $a_e$, sowie die Positionierung des Werkzeugs zum Werkstück.

Beim Planfräsen sollte der Werkzeugdurchmesser möglichst größer als die Werkstückbreite sein; für das Verhältnis von Werkzeugdurchmesser zu radialer Zustellung gilt:

$$\frac{d_1}{a_e} \approx 1{,}3 \ldots 1{,}5$$

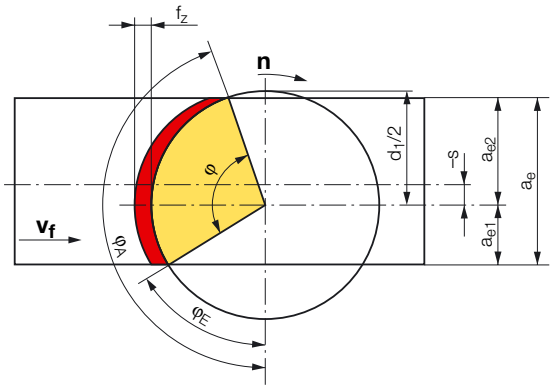
$d_1$ = Werkzeugdurchmesser in mm
$a_e$ = radiale Zustellung in mm

**Verschiedene Möglichkeiten der Positionierung des Werkzeugs zum Werkstück:**

**$a_{e1} - a_{e2} = -s$**

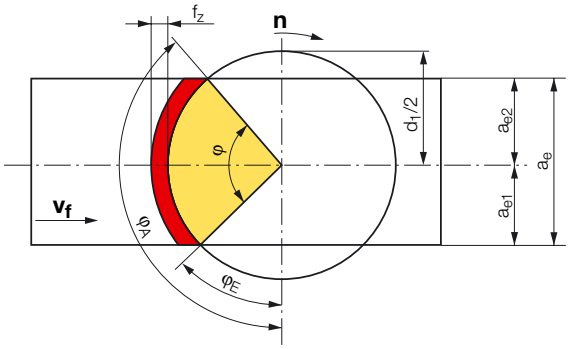
mehr Gleichlaufanteil
(ist anzustreben)

Extremfall:
Besäumen (Schulterfräsen)
im Gleichlauf.




**$a_{e1} - a_{e2} = 0$**

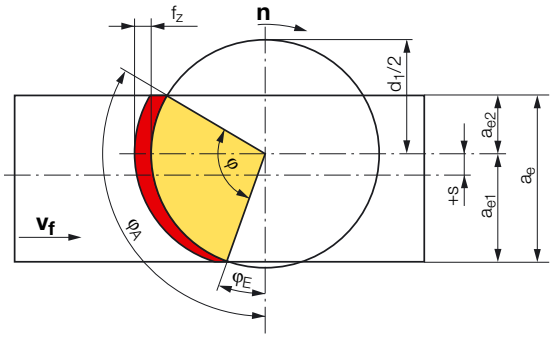
symmetrisch,
gleiche Anteile an
Gleich- und Gegenlauf.




**$a_{e1} - a_{e2} = +s$**

mehr Gegenlaufanteil

Extremfall:
Besäumen (Schulterfräsen)
im Gegenlauf.





# Fräsen

Um einen ruhigen Lauf des Fräswerkzeugs zu gewährleisten, sollten mindestens zwei Schneiden im Eingriff sein. Somit ist der Schneideneingriffswinkel φ mindestens doppelt so groß wie der Teilungswinkel des Fräswerkzeugs zu wählen:

$$\varphi \geq 2\,\lambda$$

wobei

$$\lambda = \frac{360°}{Z}$$

und

$$\varphi = \varphi_A - \varphi_E$$

$$\varphi_E = \arccos \frac{2a_{e1}}{d_1}$$

$$\varphi_A = 180° - \arccos \left(\frac{2a_{e2}}{d_1}\right)$$

$$\varphi = 180° - \arccos \left(\frac{2a_{e1}}{d_1}\right) - \arccos \left(\frac{2a_{e2}}{d_1}\right)$$

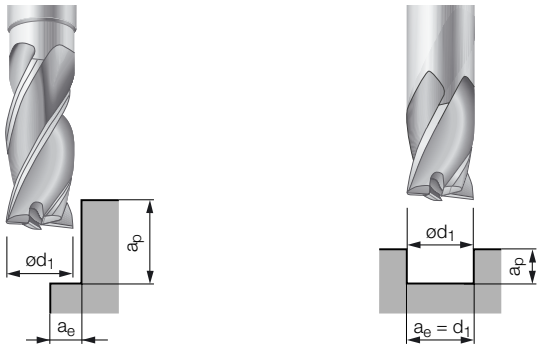
| | | |
|---|---|---|
| $\varphi$ | = | Schneideneingriffswinkel in Grad |
| $\lambda$ | = | Teilungswinkel am Werkzeug in Grad |
| $Z$ | = | Schneidenzahl des Werkzeugs |
| $\varphi_E$ | = | Schneideneintrittswinkel in Grad |
| $\varphi_A$ | = | Schneidenaustrittswinkel in Grad |
| $d_1$ | = | Werkzeugdurchmesser in mm |
| $a_e$ | = | radiale Zustellung in mm |

## 18.4 Berechnungsgrundlagen

### 18.4.1 Zustellungen

Die axiale Zustellung $a_p$ gibt an, wie tief das Werkzeug unterhalb der Werkstückoberfläche zerspant. Die radiale Zustellung $a_e$ bestimmt die Breite der Fräsbearbeitung.

**Axiale Zustellung $a_p$ und radiale Zustellung $a_e$:**



## 18.4.2 Schnittgeschwindigkeit und Drehzahl

Ein wichtiger technologischer Wert für den Fräsprozess ist die Schnittgeschwindigkeit $v_c$. Sie beschreibt die Umfangsgeschwindigkeit der Hauptschneiden während der Zerspanung. Da jedoch bei Fräsmaschinen üblicherweise die Drehzahl n der Spindel angegeben wird, sollen die folgenden Gleichungen den mathematischen Zusammenhang aufzeigen.

$$v_c = \frac{d_1 \cdot \pi \cdot n}{1000}$$

oder

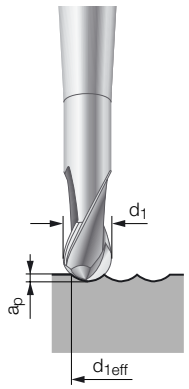
$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{d_1 \cdot \pi}$$

$v_c$ = Schnittgeschwindigkeit in m/min
$n$ = Spindeldrehzahl in $min^{-1}$
$d_1$ = Werkzeugdurchmesser in mm

Wenn der Schneideneingriffsdurchmesser nicht mit dem Außendurchmesser $d_1$ des Werkzeugs übereinstimmt, muss mit dem effektiven Schneidendurchmesser $d_{1eff}$ gerechnet werden:

**Berechnung des effektiven Schneidendurchmessers:**

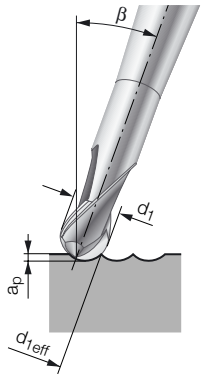
$$d_{1eff} = 2\sqrt{a_p \cdot (d_1 - a_p)}$$




**Radiusfräser senkrecht**

$d_1$ = Schneidendurchmesser in mm
$d_{1eff}$ = effektiver Schneidendurchmesser in mm
$a_p$ = axiale Zustellung in mm
$\beta$ = Neigungswinkel in Grad

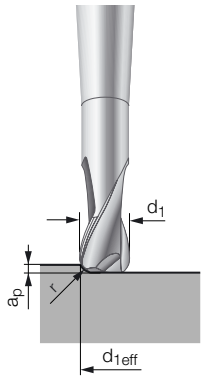
$$d_{1eff} = d_1 \cdot \sin\left[\beta \pm \arccos\left(\frac{d_1 - 2a_p}{d_1}\right)\right]$$




**Radiusfräser geneigt**

**Berechnung des effektiven Schneidendurchmessers an Torusfräsern:**

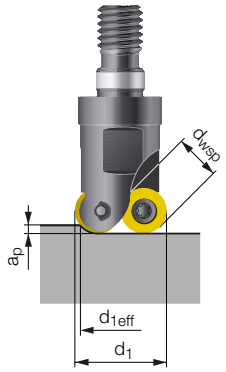
$$d_{1eff} = d_1 - 2r + 2\sqrt{2r \cdot a_p - a_p^2}$$




**Schaftfräser mit Eckenradius**

$d_1$ = Schneidendurchmesser in mm
$d_{1eff}$ = effektiver Schneidendurchmesser in mm
$a_p$ = axiale Zustellung in mm
r = Schneideneckenradius in mm
$d_{WSP}$ = Durchmesser der Wendeschneidplatte in mm

$$d_{1eff} = d_1 - d_{WSP} + 2\sqrt{d_{WSP} \cdot a_p - a_p^2}$$




**Einschraubfräser mit runder Wendeschneidplatte**

## 18.4.3 Vorschub und Vorschubgeschwindigkeit

Der Vorschub pro Schneide bzw. pro Fräserzahn $f_z$ ist der werkzeugspezifische Vorschubwert beim Fräsen. Er gibt den Weg an, den eine Werkzeugschneide pro Umdrehung des Werkzeugs zurücklegt. Bei der Wahl der Schnittparameter ist zu beachten, dass dieser Wert die mechanische Leistungsfähigkeit des Werkzeugs nicht übersteigt und dass die sichere Spanabfuhr beim Bearbeiten gewährleistet ist.
An Fräsmaschinen wird üblicherweise anstelle des Vorschubs $f_z$ die Vorschubgeschwindigkeit $v_f$ definiert. Für die Beziehung zwischen Vorschub pro Fräserzahn und Vorschubgeschwindigkeit gilt:

**Oberflächengüte und Zeilensprung:**

$$f_z = \frac{v_f}{Z \cdot n}$$

und

$$v_f = f_z \cdot Z \cdot n$$

$f_z$ = Vorschub pro Zahn in mm
$v_f$ = Vorschubgeschwindigkeit in mm/min
Z = Anzahl der Schneiden
n = Spindeldrehzahl in $min^{-1}$

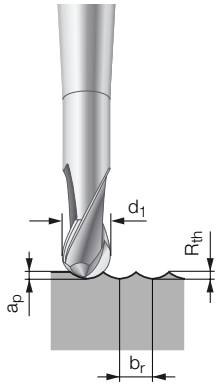
## 18.4.4 Oberflächengüte und Zeilensprung

Beim Einsatz von Radiusfräsern hängt die erzielbare Oberflächengüte in viel stärkerem Maße vom Bahnabstand (Zeilensprung) ab. Für den theoretischen Rauheitswert gilt folgender Zusammenhang (siehe nachfolgende Abbildung).

**Theoretische Oberflächengüte für Radiusfräser:**

$$R_{th} = \frac{d_1}{2} - \sqrt{\frac{d_1^2 - b_r^2}{4}}$$

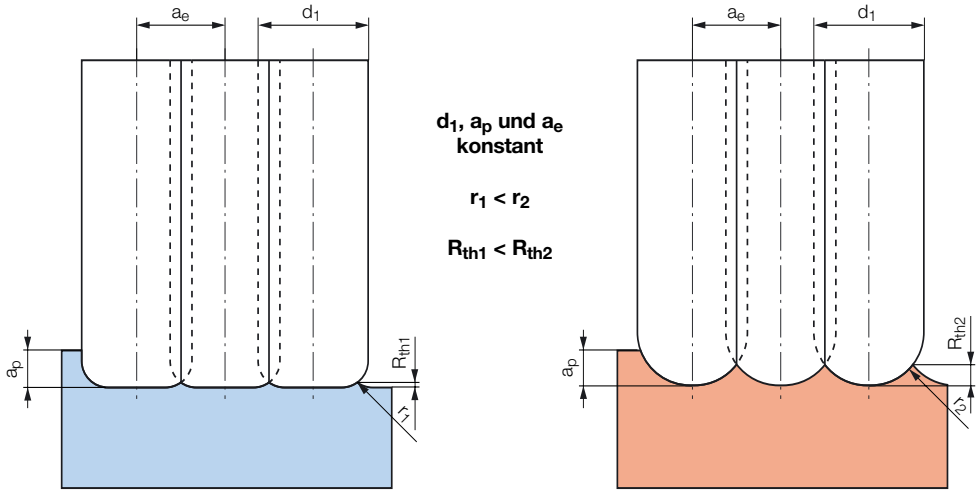
$$b_r = 2\sqrt{R_{th}\,(d_1 - R_{th})}$$




$d_1$ = Schneidendurchmesser in mm
$R_{th}$ = theoretische Rautiefe in mm
$b_r$ = Zeilensprung in mm

Insbesondere bei ebenen Flächen erlaubt der Torusfräser mit seinem Eckenradius einen erheblich größeren Bahnabstand bei vergleichbarer Oberflächengüte und ermöglicht kürzere Bearbeitungszeiten.

**Einfluss der Werkzeugform auf die theoretische Oberflächengüte:**




## 18.4.5 Zeitspanvolumen

Das Zerspanungsvolumen pro Zeiteinheit ist eine wichtige Größe zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit einer Fräsbearbeitung und wird häufig als Zeitspanvolumen Q bezeichnet. Es gilt folgender Zusammenhang:

$$Q = a_p \cdot a_e \cdot v_f$$

Q = Zeitspanvolumen in $mm^3/min$
$a_p$ = axiale Zustellung in mm
$a_e$ = radiale Zustellung in mm
$v_f$ = Vorschubgeschwindigkeit in mm/min





## 18.4.6 Schnittkraft und Schnittleistung

Die Schnittkraft $F_c$ berechnet sich aus dem Spanungsquerschnitt A und der spezifischen Schnittkraft $k_c$. Beim Fräsen wird der Spanungsquerschnitt bestimmt aus der Spanungsbreite b und der Spanungsdicke h, bzw. der mittleren Spanungsdicke $h_m$.
Die spezifische Schnittkraft $k_c$ ist abhängig vom Werkstoff und von der Spanungsdicke h ($h_m$).
Die Ermittlung der spezifischen Schnittkraft ist in **Kapitel 1.3** aufgezeigt.

$$F_c = A \cdot k_c$$

$$F_c = b \cdot h_m \cdot k_c$$

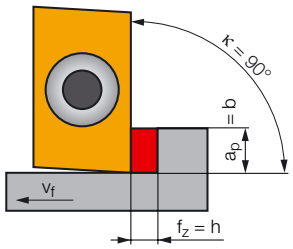
$F_c$ = Schnittkraft in N
$k_c$ = spezifische Schnittkraft in N/mm²
A = Spanungsquerschnitt in mm²
b = Spanungsbreite in mm
$h_m$ = mittlere Spanungsdicke in mm

Für die Berechnung des Spanungsquerschnitts A beim Stirnfräsen muss die Schneidenform und Einbaulage von Wendeschneidplatten berücksichtigt werden. Nachfolgend sind die Formeln für drei häufige Formen dargestellt:

**Berechnung des Spanungsquerschnittes A beim Stirnfräsen:**

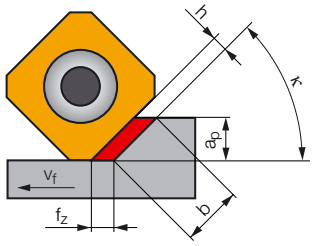
$$A = b \cdot h = a_p \cdot f_z$$

A = Spanungsquerschnitt in mm²
b = Spanungsbreite in mm
h = Spanungsdicke in mm
$a_p$ = axiale Zustellung in mm
$f_z$ = Vorschub pro Fräserzahn in mm
$\kappa$ = Einstellwinkel in Grad
$d_{WSP}$ = Durchmesser der Wendeschneidplatte in mm



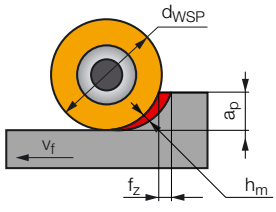

**Einstellwinkel k = 90°**

$$A = \frac{a_p}{\sin \kappa} \cdot f_z \cdot \sin \kappa$$




**Einstellwinkel k < 90°**

$$A \approx a_p \cdot \frac{360°}{\pi \cdot \arccos\left(1 - \frac{2a_p}{d_{WSP}}\right)} \cdot f_z \cdot \frac{a_p}{d_{WSP}}$$




**runde Wendeschneidplatte (mit Vereinfachung b = $a_p$)**

Für die **Berechnung des Spanungsquerschnitts A beim Umfangsfräsen** mit Schaftfräsern (Besäumen) gelten folgende Zusammenhänge:

Die Spanungsbreite b ergibt sich aus

$$b = a_p \cdot \sin \lambda$$

und die mittlere Spanungsdicke aus

$$h_m = \frac{a_e \cdot f_z \cdot 360°}{\pi \cdot d_1 \cdot \varphi}$$

mit

$$\varphi = \arccos\left(1 - \frac{2a_e}{d_1}\right)$$

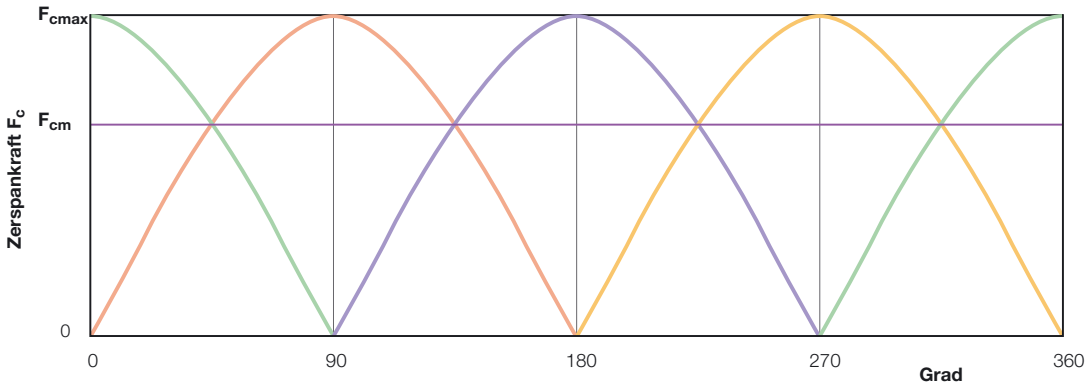
$\varphi$ = Schneideneingriffswinkel in Grad (siehe **Kapitel 18.3.5**)
$\lambda$ = Drallwinkel der Werkzeugschneiden in Grad
$a_e$ = radiale Zustellung in mm
$f_z$ = Vorschub pro Zahn in mm
$d_1$ = Schneidendurchmesser in mm

So ergibt sich beim Umfangsfräsen der Spanquerschnitt zu:

$$A = a_p \cdot \sin \lambda \frac{a_e \cdot f_z \cdot 360°}{\pi \cdot d_1 \cdot \arccos\left(1 - \frac{2a_e}{d_1}\right)}$$

Da beim Fräsen der Schnittkraftverlauf durch die jeweiligen Schnittunterbrechungen der Werkzeugschneiden pro Umdrehung nicht konstant, sondern sich durch überlappende, annähernd sinusförmige Schnittkraftverläufe der einzelnen Schneiden definiert, wird üblicherweise beim Fräsen mit einer mittleren Schnittkraft $F_{cm}$ gerechnet.
Die nachfolgende Abbildung zeigt einen qualitativen Schnittkraftverlauf bei einem Fräswerkzeug mit vier Schneiden bei einem Schneideneingriffswinkel von 180° (Nutenfräsen).

**Definition maximale Schnittkraft und mittlere Schnittkraft:**





# Fräsen

Für die **Berechnung der mittleren Schnittkraft $F_{cm}$** wird zuerst die mittlere Schnittkraft pro Werkzeugschneide $F_{cZm}$ berechnet.

$$F_{cZm} = b \cdot h_m \cdot k_c$$

$F_{cZm}$ = mittlere Schnittkraft pro Zahn in N
$k_c$ = spezifische Schnittkraft in N/mm²
b = Spanungsbreite in mm
$h_m$ = mittlere Spanungsdicke in mm

Ein Fräswerkzeug besteht normalerweise aus mehreren Schneiden. Aus der Anzahl der Schneiden und dem Schneideneingriffswinkel φ ergibt sich die Zähnezahl im Eingriff $Z_e$.

$$Z_e = \frac{\varphi \cdot Z}{360°}$$

$Z_e$ = Zähnezahl im Eingriff
Z = Zähnezahl des Werkzeugs
φ = Schneideneingriffswinkel in Grad

Anmerkung:
$Z_e$ sollte für die weitere Berechnung nicht gerundet werden!

Aus der mittleren Schnittkraft pro Fräserzahn $F_{cZm}$ und der Zähnezahl im Eingriff $Z_e$ ergibt sich dann die mittlere Schnittkraft $F_{cm}$:

$$F_{cm} = F_{cZm} \cdot Z_e$$

$$F_{cm} = b \cdot h_m \cdot k_c \cdot Z_e$$

$F_{cm}$ = mittlere Schnittkraft in N
$F_{cZm}$ = mittlere Schnittkraft pro Zahn in N
$Z_e$ = Zähnezahl im Eingriff
b = Spanungsbreite in mm
$h_m$ = mittlere Spanungsdicke in mm
$k_c$ = spezifische Schnittkraft in N/mm²

Aus der mittleren Schnittkraft $F_{cm}$ und der Schnittgeschwindigkeit $v_c$ ergibt sich die mittlere **Schnittleistung $P_{cm}$**:

$$P_{cm} = F_{cm} \cdot v_c$$

und in Verbindung mit dem Wirkungsgrad η der Werkzeugmaschine (z.B. η = 0,85) errechnet sich die benötigte Maschinenleistung $P_M$ zu:

$$P_M = \frac{P_{cm}}{\eta}$$

$P_{cm}$ = mittlere Schnittleistung in kW
$P_M$ = benötigte Maschinenleistung in kW
η = Wirkungsgrad der Maschine

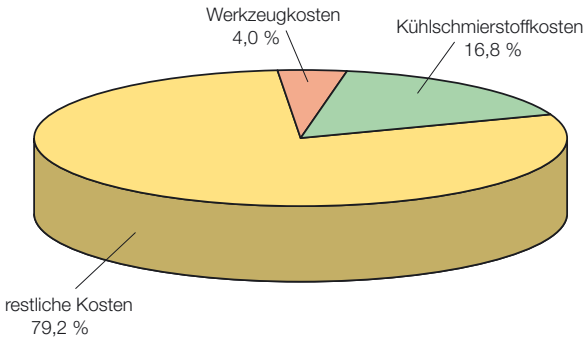
## 18.5 Moderne Frästechnologie mit Anwendungsbeispielen

Auf Grund der Forderung nach immer höherer Wirtschaftlichkeit und damit auch nach immer kürzeren Fertigungszeiten ist die Fräsbearbeitung einem stetigen Wandel unterworfen.
Nachfolgend sollen einige Trends beschrieben werden, die eine wirtschaftlichere Fräsbearbeitung ermöglichten oder, in Zusammenhang mit neuen Technologien, auch das ganze Umfeld beim Fräsen beeinflussten.

### 18.5.1 Trockenbearbeitung und Bearbeitung mit Minimalmengenschmierung

Wurde früher beim Einsatz von HSS-Fräswerkzeugen vor allem eine Wasser-in-Öl-Emulsion und zuweilen auch Schneidöl (z.B. beim Wälzfräsen von Zahnrädern) zur Kühlung und Schmierung verwendet, so geht die Entwicklung durch den Einsatz von Hartmetall-Fräswerkzeugen in Verbindung mit neuen Verschleißschutzschichten verstärkt in Richtung Trockenbearbeitung. Bei diesen modernen Werkzeugen wird üblicherweise mit hohen Schnittgeschwindigkeiten zerspant, was bewirkt, dass in der Schnittzone sehr hohe Temperaturen (bis ca. 900 °C) auftreten. Ein evtl. eingesetztes Kühlmittel würde, auf Grund der hohen Umfangsgeschwindigkeit der Schneiden, nicht bis in die Schnittzone vordringen und somit nur die nicht im Eingriff befindlichen Schneiden kühlen. Das würde die thermische Wechselbelastung der Schneiden noch verstärken und sich negativ auf das Standzeitverhalten der Werkzeuge auswirken. Vor allem in Verbindung mit thermisch isolierenden Verschleißschutzschichten, bei deren Einsatz ein Großteil der beim Zerspanen entstehenden Wärme über die Späne abgeleitet wird, arbeitet man heute üblicherweise im Trockenschnitt. Für ein reibungsloses Entfernen der Späne wird oft auch Druckluft verwendet. Diese kann auch gekühlt sein (Wirbelrohr), um zusätzlich das ganze Bearbeitungsumfeld zu kühlen.
Unter ökologischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten wird die Trockenbearbeitung bevorzugt. Die nachfolgende Abbildung zeigt Kostenanteile bei einer Fertigung von Aluminium-Zylinderköpfen unter Einsatz von Kühlschmierstoff und zeigt auf, welche Einsparpotentiale durch die konsequente Anwendung der Trockenbearbeitung möglich sind.

**Kostenanteile bei einer Fertigung von Leichtmetallteilen:**




Häufig ist bei der Trockenzerspanung, vor allem bei weichen Aluminium-Knetlegierungen, kein zufriedenstellendes Ergebnis zu erreichen, da sich ein Teil des Spanmaterials auf dem Werkzeug festsetzt (Materialaufschweißung) und die Spanabfuhr erschwert bzw. verhindert. Dem kann mit einer Minimalmengenschmierung (MMS) begegnet werden. Von Minimalmengenschmierung als Quasi-Trockenbearbeitung spricht man, wenn der Verbrauch des Schmiermittels kleiner als 50 ml pro Stunde ist. Das Schmiermittel wird in Druckluft gelöst und gelangt als Aerosol an das Werkzeug – auch noch bei höheren Umfangsgeschwindigkeiten. Wird dieses Aerosol durch die Antriebsspindel zugeführt, so sind durch konstruktive Maßnahmen an Werkzeugmaschine, Werkzeugaufnahme und Werkzeug sicherzustellen, dass es sich bis zum Austritt aus dem Werkzeug nicht entmischt.

## 18.5.2 Hartfräsen

Das Hartfräsen stellt eine konsequente Weiterentwicklung der Frästechnologie dar, zumal sich dadurch in der Fertigung Durchlaufzeiten drastisch reduzieren lassen. Durch die Anwendung leistungsfähiger Werkzeuge mit modernen Hartmetallen und Beschichtungen, sowie ein optimiertes Bearbeitungsumfeld (Werkzeug-/Werkstückspannung, Frässtrategie, usw.) können heute Werkstoffe bis zu einer Härte von 65 HRC problemlos trocken zerspant werden.
Allerdings ist beim Hartfräsen die Beachtung einiger Grundregeln unabdingbar, wenn ein zufriedenstellendes Resultat erreicht werden soll.
So finden beim Hartfräsen nur Hartmetall-Werkzeuge mit speziell angepasster Schneidengeometrie und geeigneter Beschichtung Verwendung. Es ist auf bestmögliche Rundlaufgenauigkeit und hohe Steifigkeit beim Spannen der Werkzeuge zu achten. Aus diesem Grund sind Schrumpffutter für das Hartfräsen sehr gut geeignet.
Als Bearbeitungsrichtung ist grundsätzlich Gleichlauffräsen dem Gegenlauffräsen vorzuziehen. Bei der Wahl der Werkzeugmaschine ist auf hohe Steifigkeit zu achten und das Werkstück muss fest und sicher gespannt sein.
Sehr wichtig ist die Wahl der richtigen Bearbeitungsparameter wie Schnittgeschwindigkeit und Zustellungen.

Bei der Wahl geeigneter Schnittparameter unterscheidet man beim Hartfräsen drei verschiedene Einsatzfälle:

- Besäumen
- Nutenfräsen
- Kontur fräsen (Anwendung bevorzugt im Formen- und Gesenkbau)

Für das Besäumen und das Nutenfräsen können folgende Faustformeln (für gehärtete Stähle ab ca. 50 HRC) für die Ermittlung der Schnittparameter aufgestellt werden.

| Schnittparameter | Für das Besäumen gilt | Für das Nutenfräsen gilt |
|---|---|---|
| Schnittgeschwindigkeit | $v_c = (90 - HRC^*) \cdot 3$ | $v_c = 75 - HRC^*$ |
| axiale Zustellung | $a_{p\,max} = 2 \cdot d_1$ | $a_{p\,max} = 0{,}5 \cdot d_1$ |
| radiale Zustellung | $a_{e\,max} = 0{,}02 \cdot d_1$ | $a_{e\,max} = a_e = d_1$ |

* Werkstoffhärte in Rockwell C

Ein Beispiel für das Besäumen einer Steuerkurve aus gehärtetem Stahl mit einer Härte von ca. 60 HRC zeigt die nachfolgende Abbildung. Durch das Hartfräsen der Außenkontur in hoher Qualität entfällt eine aufwendige Nachbearbeitung durch Schleifen.

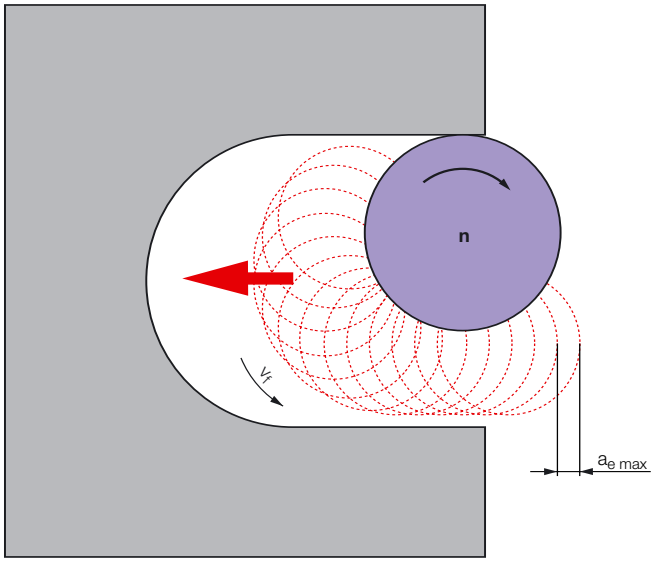
**Hartbearbeitung einer Steuerkurve im Trockenlauf:**



Vollhartmetall-Hartfräser FRANKEN Art. Nr. 1827A.016, 16 mm / Z8,
Schnittwerte: $v_c$ = 90 m/min; $f_z$ = 0,07 mm; $a_p$ = 22 mm; $a_e$ = 0,2 mm
Bearbeitungszeit: ca. 5 Minuten

Eine spezielle Art der Herstellung von Nuten in gehärtete Stähle stellt das zirkulare Nutenfräsen dar. Dabei handelt es sich eigentlich um ein Besäumen. Um die gewünschte Kontur zu erzeugen, folgt die Werkzeugachse einer sich verlagernden Kreisbahn. Die radiale Zustellung $a_e$ ist abhängig von der geforderten Oberflächengüte auf den Seitenwänden zu wählen.

**Prinzipdarstellung des zirkularen Nutenfräsen in gehärtetem Stahl:**




## 18.5.3 Hochleistungs- und Hochgeschwindigkeitsfräsen

Durch die Weiterentwicklung von Fräswerkzeugen, Fräsmaschinen und Programmiertechnik konnte die Geschwindigkeit bei der Fräsbearbeitung in den letzten Jahren stetig gesteigert werden. Dabei haben sich in der Fachwelt zwei Begriffe etabliert:

**HPC** „**H**igh **P**erformance **C**utting“ oder Hochleistungsbearbeitung

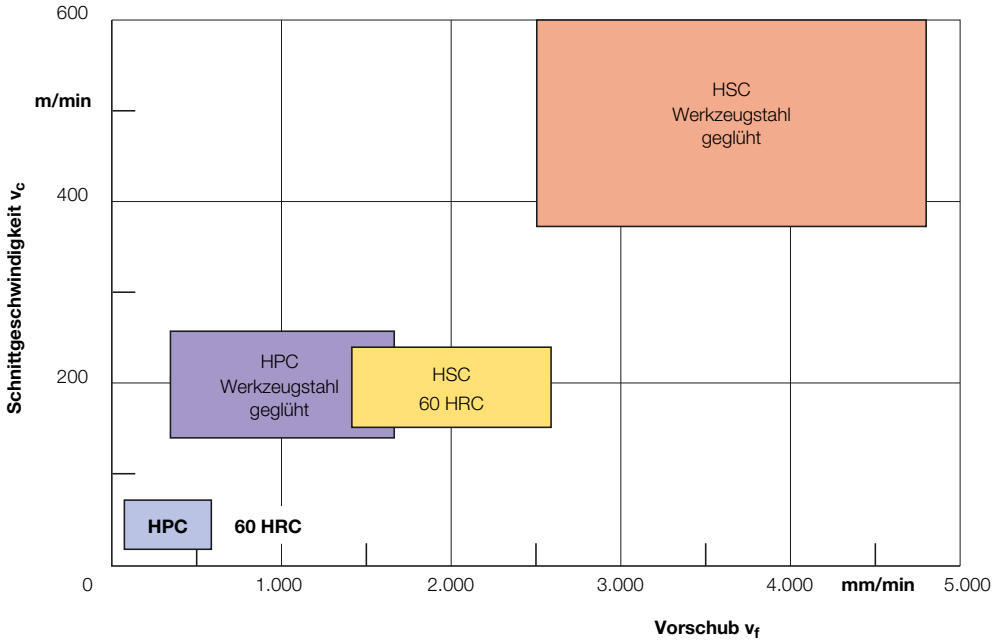
**HSC** „**H**igh **S**peed **C**utting“ oder Hochgeschwindigkeitsbearbeitung

Während bei der Hochleistungsbearbeitung das Zeitspanvolumen von herausragender Bedeutung ist, wird bei der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung die erzeugte Oberflächengüte und die geringe Werkzeugabdrängung als Kriterium betrachtet. Die Hochleistungsbearbeitung stellt somit eher einen Schruppvorgang dar, während die Hochgeschwindigkeitsbearbeitung eher als Schlichten bezeichnet werden kann. Beide Verfahren werden vorzugsweise ohne Kühlmittel angewendet.
Allerdings sind Schnitt- und Vorschubgeschwindigkeit außer vom Zerspanungsverfahren auch von dem zu bearbeitenden Werkstoff abhängig. Das nachfolgende Diagramm zeigt eine Einordnung von Vorschub und Schnittgeschwindigkeit beim HSC-/HPC-Fräsen mit Vollhartmetall-Fräsern bei der Bearbeitung von geglühtem und gehärtetem Werkzeugstahl.



# Fräsen

**Vorschub- und Schnittgeschwindigkeitsbereiche für HPC und HSC:**




Der Grund für die verschiedenen Schnittparameter bei der HPC-/HSC-Bearbeitung liegt in den unterschiedlichen Eingriffsverhältnissen der Werkzeugschneiden beim Fräsen.
Bei der Hochleistungsbearbeitung ist sowohl die radiale wie axiale Zustellung größer als bei der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung. Bei einem Eingriffswinkel von 180° wird die Werkzeugschneide sehr stark erwärmt. In Verbindung mit der kurzen Abkühlphase würde die Werkzeugschneide auch bei Werkzeugen aus Hartmetall schnell thermisch überlastet. Aus diesem Grund muss die Schnittgeschwindigkeit stark reduziert werden.
Bei der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung hingegen sind die Zustellungen und damit auch der Eingriffswinkel geringer. Die nicht im Schnitt befindlichen Schneiden haben länger Zeit, sich wieder abzukühlen. Die Schnittgeschwindigkeit kann dadurch wesentlich höher angesetzt werden.

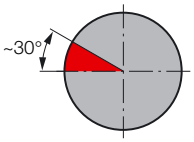
**Beispiel für Eingriffsverhältnisse und Schnittparameter (Hartbearbeitung):**



Werkzeugdurchm. 10 mm
Zustellwerte:
$a_e$ = 0,2 mm
$a_p$ = 0,2 mm

$v_c$ = 200 m/min
$f_z$ = 0,12 mm

Oberflächengüte:
$R_a$ = 0,4 µm




kleiner Eingriffswinkel
= lange Abkühlzeit
der Schneide

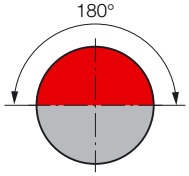
**für HSC**



Werkzeugdurchm. 10 mm
Zustellwerte:
$a_e$ = 10 mm
$a_p$ = 5 mm

$v_c$ = 40 m/min
$f_z$ = 0,05 mm

Zeitspanvolumen:
Q = 15 $cm^3$/min




großer Eingriffswinkel
= kurze Abkühlzeit
der Schneide

**für HPC**

Speziell bei der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung reicht es nicht aus, ein auf die Bearbeitungsaufgabe optimiertes Werkzeug zur Verfügung zu stellen, sondern es muss das komplette Bearbeitungsumfeld von der Werkzeugmaschine, deren Antriebe und Steuerung, bis zu tauglichen Programmierstrategien für die Erstellung der NC-Programme auf die HSC-Bearbeitung abgestimmt sein. Als Werkzeugaufnahmen haben sich Schrumpffutter bewährt. Die Fräsprogramme werden üblicherweise von NC-Programmiersystemen erstellt (CAM), ein Eingriff des Maschinenbedieners in das NC-Programm ist allenfalls in Ausnahmefällen noch möglich. Die verwendeten Werkzeugmaschinen zeichnen sich durch hohe Spindeldrehzahlen (bis zu 70.000 $min^{-1}$), steifem Aufbau, hohen erreichbaren Vorschubgeschwindigkeiten (bis 50 m/min und mehr) und hoher Beschleunigung (bis 2 g) aus.

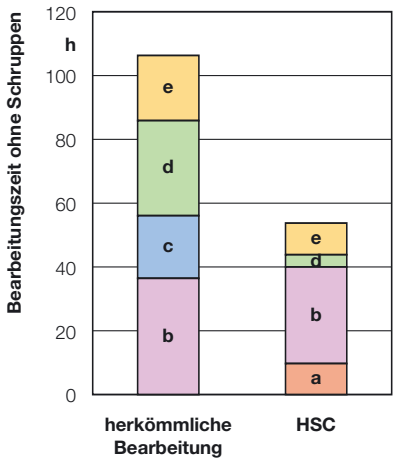
## 18.5.4 Frästechnologie im Formen- und Gesenkbau

Der Formen- und Gesenkbau nimmt eine Schlüsselposition bei der Herstellung von Konsum- und Verbrauchsgütern ein. Die Herstellung von Spritzguss- und Druckgussformen, sowie Schmiedegesenken stellt hohe Anforderungen an die verwendete Fertigungstechnologie. Die zunehmende Produktvielfalt bei gleichzeitig kürzer werdenden Produktzyklen führt zu einem erheblichen Rationalisierungsdruck, verkürzten Fertigungszeiten und erhöhten Fertigungsgenauigkeiten. Um in einem verschärften Wettbewerb bestehen zu können, müssen die Betriebe neue Fertigungstechnologien wie Hartbearbeitung oder HPC-/HSC-Bearbeitung konsequent nutzen.

Deshalb geht die Entwicklung hin zu durchgängigen CAD/CAM-Lösungen, bei denen die in einem CAD-System entwickelte Werkstückgeometrie an ein CAM-System übergeben wird und in diesem die NC-Programme generiert werden. Moderne CAM-Systeme stellen ausgefeilte Bearbeitungsstrategien zur Verfügung, die eine präzise Herstellung von komplexen Formen ermöglichen. Zusätzlich sind in fortschrittlichen CAM-Systemen Simulationsfunktionen vorhanden, die eine Überprüfung und Kollisionsbetrachtung bereits vor der eigentlichen Bearbeitung ermöglichen und damit die Prozessicherheit deutlich erhöhen.
Während größere Werkstücke noch im weichen Zustand vorgearbeitet werden, setzt sich das Fräsen von kleineren Formen aus einem bereits gehärteten Block immer mehr durch. Durch einen Härtevorgang zwischen der Vor- und Fertigbearbeitung von Werkstücken würden Durchlauf- und Liegezeiten der Werkstücke erhöht. Deshalb geht mittlerweile der Trend auch bei größeren Formen in Richtung Hartbearbeitung. Von Vorteil ist hierbei auch, dass in vielen Fällen das kostenintensive Erodieren durch das Fräsen ersetzt werden kann.

Durch die Wahl geeigneter Bearbeitungsparameter wird eine hohe Oberflächengüte der gefrästen Flächen erreicht. Eine manuelle Nachbearbeitung der Werkstücke durch Polieren kann drastisch verkürzt werden oder ganz entfallen. Auch das verringert die Fertigungszeiten erheblich.
Das Ziel bei der Fertigbearbeitung von Formteilen muss immer eine Verkürzung der Gesamtfertigungszeit sein, nicht die Verkürzung der Bearbeitungszeit eines Arbeitsgangs.
Die nachfolgenden Tabellen zeigen die veränderten Fertigungszeiten anhand eines Beispiels.

**Zeitvergleich herkömmliche Bearbeitung und HSC-Bearbeitung:**



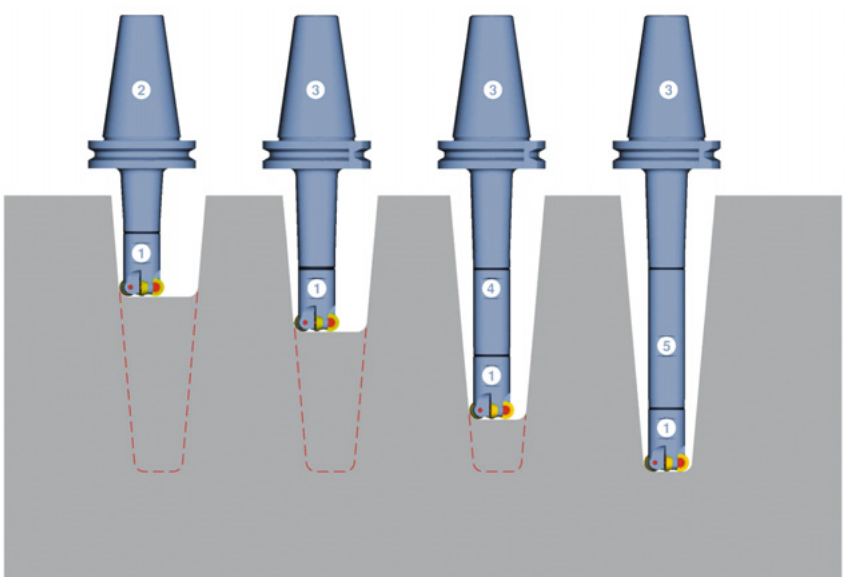

| Bearbeitung | | | Zeit h herk. Bearbeitung | HSC | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| a. Vorschlichten | maschinell | 34% | 0 | 10 | maschinell | 74% |
| b. Schlichten | | | 36 | 30 | | |
| c. Glätten | Bankarbeit | 66% | 20 | 0 | Bankarbeit | 26% |
| d. Tuschieren | | | 30 | 4 | | |
| e. Polieren | | | 20 | 10 | | |
| Gesamtzeit | | | 106 | 54 | | |
| Zeitersparnis | | | | 49% | | |



# Fräsen

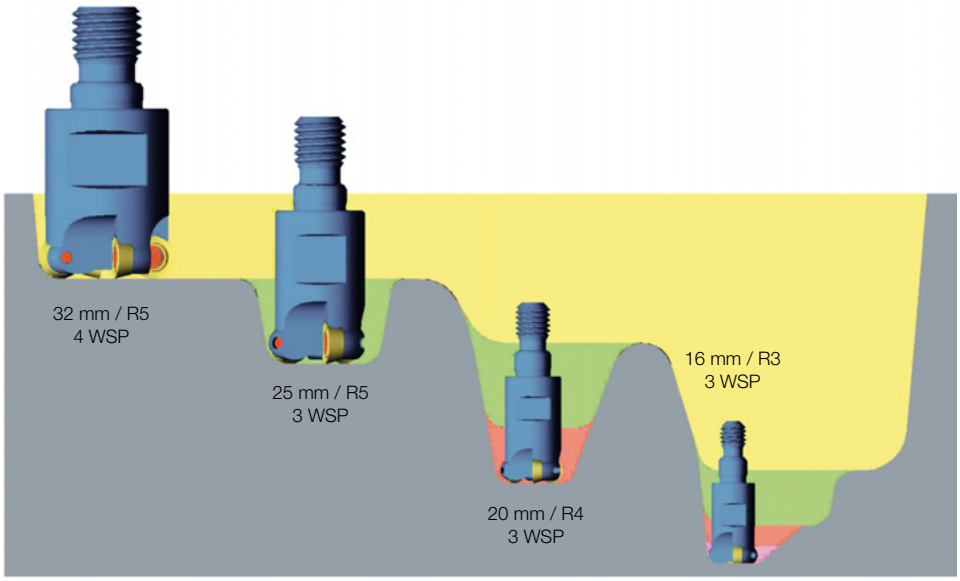
Für die Herstellung von komplizierten Formen und Gesenken durch Fräsen kommen sowohl Monoblock- als auch Wendeschneidplatten-Werkzeuge zum Einsatz. Oftmals müssen tiefe Taschen oder kleine Radien erzeugt werden. Aus diesem Grund bieten Werkzeughersteller wie EMUGE-FRANKEN modulare Werkzeugsysteme an, bei denen man Werkzeuge und Werkzeugaufnahmen der jeweiligen Bearbeitungsaufgabe anpassen kann.

**Modulares System mit verschiedenen Werkzeuglängen:**



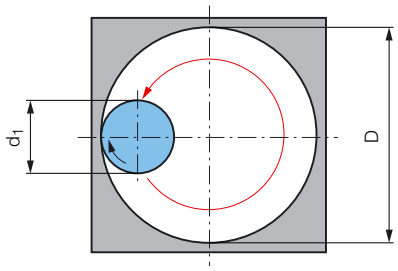

① Einschraubfräser mit runden Wendeschneidplatten
② SK40-Werkzeugaufnahme kurz
③ SK40-Werkzeugaufnahme lang
④ Zwischenadapter kurz
⑤ Zwischenadapter lang

**Modulares System mit verschiedenen Werkzeugdurchmessern:**



Für die Erzeugung tiefer Bohrungen hat sich das zirkulare Tauchfräsen mit Wendeschneidplatten-Werkzeugen als wirtschaftliche Alternative zum Bohren bewährt. Beim zirkularen Tauchfräsen beschreibt das Fräswerkzeug eine Helixbahn (Schraubenlinie). Allerdings muss der Eintauchwinkel ausreichend flach gewählt werden, um einen Kontakt des Trägerwerkzeugs mit dem Werkstück zu vermeiden. Üblicherweise wird der maximal zulässige Eintauchwinkel (Rampenwinkel) vom Werkzeughersteller angegeben.
Beim Zirkularfräsen weicht die Bahngeschwindigkeit der Mittelpunktsbahn des Werkzeugs stark von der Bahngeschwindigkeit der Umfangsschneiden ab. Dies ist umso stärker der Fall, je weniger der zu erzeugende Bohrungs- bzw. Zapfendurchmesser vom Werkzeugdurchmesser abweicht. Aus diesem Grund muss beim Zirkularfräsen mit einem korrigierten Vorschub gearbeitet werden. Moderne NC-Steuerungen besitzen Funktionen, mit denen der programmierte Bahnvorschub korrigiert werden kann. Steht keine solche Funktion zur Verfügung, muss der korrigierte Bahnvorschub per Hand berechnet werden. Die folgenden Gleichungen und Abbildungen sollen den mathematischen Zusammenhang aufzeigen.

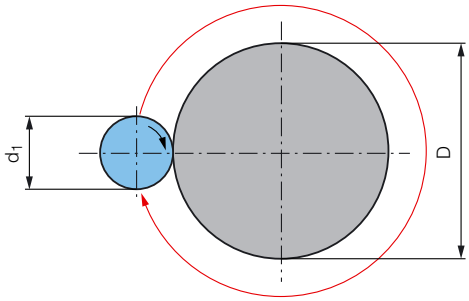
$$v_{fK} = \frac{v_f \cdot (D - d_1)}{D}$$




**Bahnvorschubkorrektur beim Innenfräsen**

$v_{fK}$ = korrigierte Vorschubgeschwindigkeit (Mittelpunktsbahn) in mm/min
$v_f$ = Vorschubgeschwindigkeit in mm/min
D = Bohrungs- bzw. Zapfendurchmesser in mm
$d_1$ = Werkzeugdurchmesser in mm

$$v_{fK} = \frac{v_f \cdot (D + d_1)}{D}$$



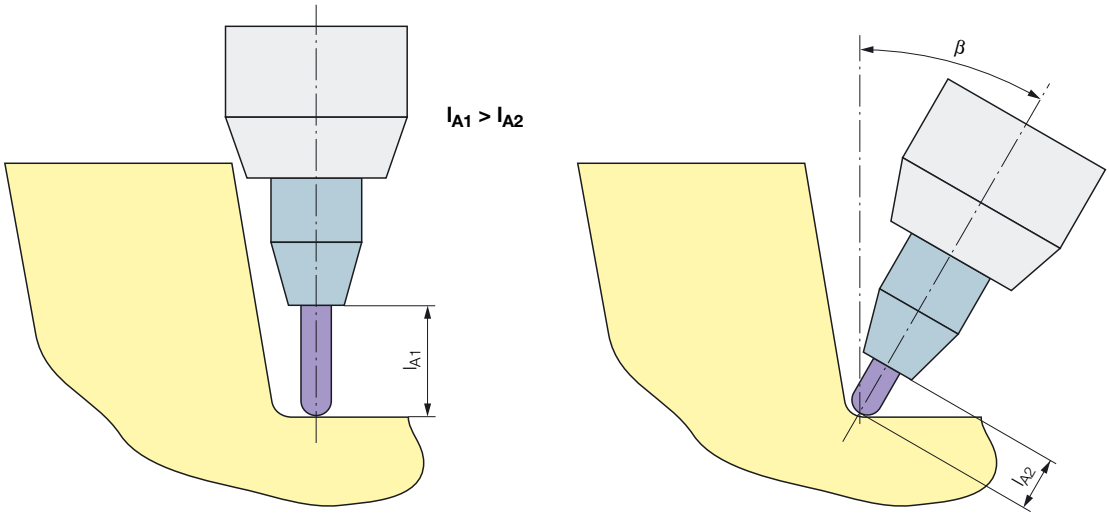

**Bahnvorschubkorrektur beim Außenfräsen**

Durch den Einsatz moderner Bearbeitungszentren und NC-Programmiersystemen ist es auch möglich, tiefe Taschen und Kavitäten durch simultanes 5-Achs-Fräsen herzustellen. Dabei führt das Fräswerkzeug eine Vorschubbewegung aus, die über fünf Achsen simultan erzeugt wird. Dadurch kann die Auskraglänge $l_A$ der eingesetzten Fräswerkzeuge deutlich verringert werden, was eine Erhöhung der Werkzeugstabilität und damit der Prozesssicherheit zur Folge hat. Auch wird beim Einsatz von Schaftfräsern mit Radiusschneide die Bearbeitung mit dem Werkzeugzentrum, in dem die Schnittgeschwindigkeit gegen Null geht, vermieden. Das erhöht die Standzeit des Fräsers und die Oberflächengüte des bearbeiteten Werkstücks verbessert sich, was vor allem bei der Schlichtbearbeitung von Formen und Gesenken von Bedeutung ist.



# Fräsen

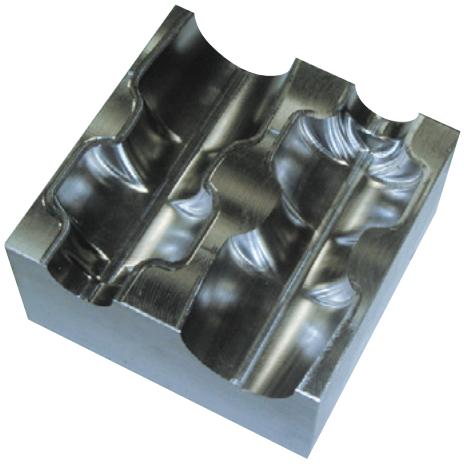
**Werkzeug-Auskraglängen $l_A$ beim 3- und 5-Achs-Fräsen:**




Allerdings ist bei der komplexen 5-Achs-Bearbeitung die Simulation der NC-Programme und eine Überprüfung auf Kollisionen sehr aufwendig und kann nur mit spezieller Software durchgeführt werden. Dabei muss das gesamte Bearbeitungsumfeld wie Werkstückspannung, Werkzeugaufnahme und Spindelkopf des Bearbeitungszentrums im Simulationsprogramm definiert sein. Ein manueller Eingriff in die Bearbeitungsprogramme durch den Programmierer oder den Maschinenbediener ist nicht mehr möglich.

Das folgende Beispiel beschreibt die nötigen Frässtrategien für die Herstellung eines Formteils einer Blasform für die Lebensmittelindustrie, sowie die eingesetzten Fräswerkzeuge und die Schnittparameter.

**Teil einer Blasform aus Kaltarbeitsstahl:**



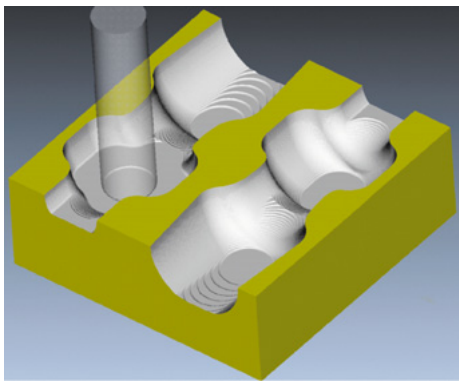
Dieses Formteil aus einem hochchromhaltigen Werkzeugstahl 1.2085 (X33 CrS16 ≤ 1100 N/mm$^2$) wird in vier einzelnen Schritten mit unterschiedlichen Werkzeugen fertiggefräst.

**1. Schritt:**

**Werkstück schruppen**
Wendeschneidplatten-Einschraubfräser 25 mm mit 3 Schneiden, Wendeschneidplatte IC 12,5 mit Eckenradius 1,5 mm, Hartmetall PE6 und Verschleißschutzschicht (TiAlN), Typ Time-S-Cut

| | | | |
|---|---|---|---|
| Schnittgeschwindigkeit $v_c$ | = | 250 | m/min |
| Drehzahl n | = | 3.180 | $min^{-1}$ |
| Vorschub $f_z$ | = | 1,3 | mm |
| Vorschubgeschwindigkeit $v_f$ | = | 12.400 | mm/min |
| axiale Zustellung $a_p$ | = | 0,5 | mm |
| radiale Zustellung $a_e$ | = | 18 | mm |

Bearbeitungszeit = ca. 23 Minuten





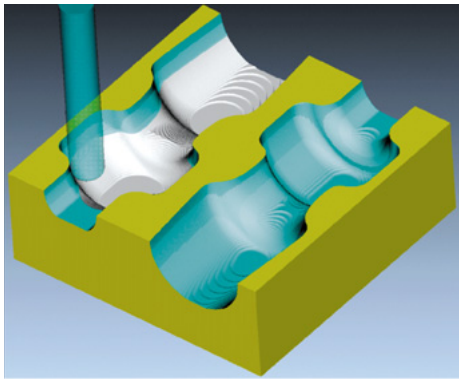
Vorderes Formteil bereits bearbeitet,
hinteres in Bearbeitung

**2. Schritt:**

**Werkstück vorschlichten**
Einschraubfräser 16 mm mit 3 Schneiden, runde Wendeschneidplatte 6 mm, Hartmetall KC1, Verschleißschutzschicht (TiAlN)

| | | | |
|---|---|---|---|
| Schnittgeschwindigkeit $v_c$ | = | 220 | m/min |
| Drehzahl n | = | 4.410 | $min^{-1}$ |
| Vorschub $f_z$ | = | 0,22 | mm |
| Vorschubgeschwindigkeit $v_f$ | = | 2.910 | mm/min |
| Bahnabstand $b_r$ | = | 0,35 | mm |

Bearbeitungszeit = ca. 5 Minuten





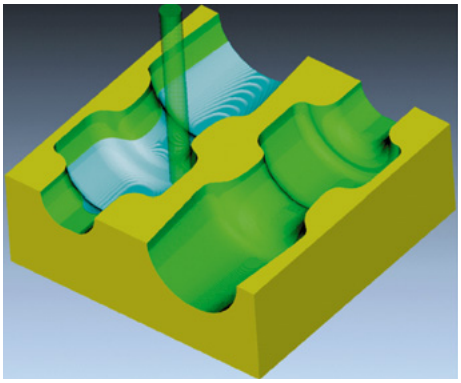




**3. Schritt:**

**Werkstück fertigschlichten**
Vollhartmetall-Torusfräser 10 mm mit 6 Schneiden, Eckenradius 1 mm,
Verschleißschutzschicht (TiAlN)

| | | | |
|---|---|---|---|
| Schnittgeschwindigkeit $v_c$ | = | 240 | m/min |
| Drehzahl n | = | 7.640 | $min^{-1}$ |
| Vorschub $f_z$ | = | 0,12 | mm |
| Vorschubgeschwindigkeit $v_f$ | = | 5.500 | mm/min |
| Bahnabstand $b_r$ | = | 0,15 | mm |
| Bearbeitungszeit | = | ca. 12 | Minuten |

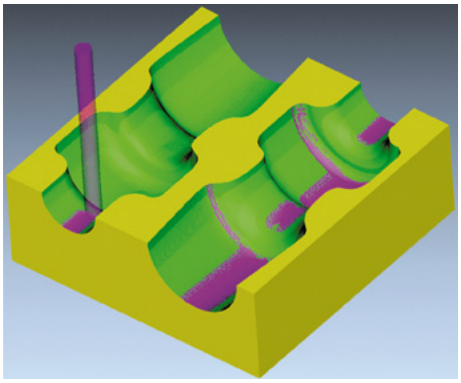




**4. Schritt:**

**Restmaterial entfernen**
Vollhartmetall-Radiusfräser 8 mm mit 2 Schneiden, Radius 4 mm,
Verschleißschutzschicht (TiAlN)

| | | | |
|---|---|---|---|
| Schnittgeschwindigkeit $v_c$ | = | 220 | m/min |
| Drehzahl n | = | 11.670 | $min^{-1}$ |
| Vorschub $f_z$ | = | 0,08 | mm |
| Vorschubgeschwindigkeit $v_f$ | = | 2.670 | mm/min |
| Bahnabstand $b_r$ | = | 0,10 | mm |
| Bearbeitungszeit | = | ca. 5 | Minuten |





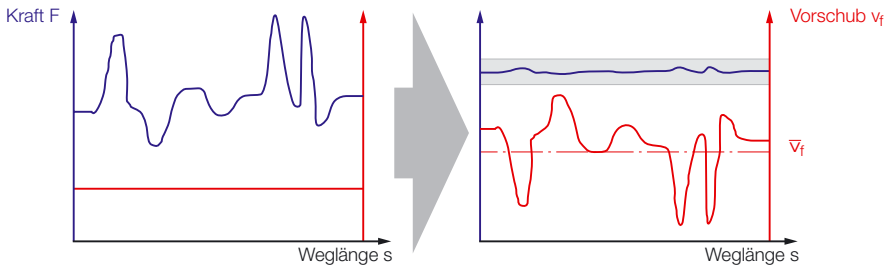
Je nach zu fräsender Kontur kann die Restmaterialbearbeitung auch vor dem Fertigschlichten stattfinden. Dann erfolgt das abschließende Fertigschlichten mit einem konstanten Aufmaß über die gesamte Kontur.

Die Gesamt-Bearbeitungszeit beträgt ca. 45 Minuten.

Durch die erreichte Oberflächengüte von $R_a$ = 0,32 µm ist eine manuelle Nacharbeit wie Polieren nicht erforderlich.

Bei der Fräsbearbeitung von komplexen Flächen ändern sich die Eingriffsverhältnisse an den Werkzeugschneiden (z.B. variierende Schnitttiefen und Umschlingungswinkel) ständig. Durch die sich ändernden Eingriffsverhältnisse wirken auf das Fräswerkzeug wechselnde Kräfte. Für die Auswahl der Fräsparameter bedeutet dies, dass von den ungünstigsten Bedingungen ausgegangen werden muss. Das kann allerdings die Bearbeitungszeit drastisch verlängern. Abhilfe können hier Optimierungsprogramme schaffen. Diese berechnen den Schneideneingriff und passen die jeweilige Vorschubgeschwindigkeit den herrschenden Eingriffsbedingungen an. Das bedeutet, dass bei günstigen Bedingungen (z.B. konvexen Flächen) die Vorschubgeschwindigkeit erhöht wird und bei ungünstigen Verhältnissen (z.B. enge Radien mit großer Werkzeugumschlingung) diese reduziert wird. Das Ergebnis dieser Optimierung ist ein Fräsprogramm, bei dem die auftretenden Schnittkräfte in einem engen Toleranzrahmen gehalten werden, was die Prozesssicherheit, insbesondere bei mannloser Fertigung, erheblich erhöht und die Bearbeitungszeit deutlich reduziert (bis zu 30%).

**Prinzip der Vorschuboptimierung von NC-Programmen (Fa. FORMTEC):**




## 18.5.5 Bearbeitung von Aluminiumbauteilen aus der Flugzeugindustrie

Wegen der zunehmenden Forderung nach Gewichtsreduzierung in der Luftfahrtindustrie werden immer mehr Flugzeugbauteile aus Aluminium in Integralbauweise ausgeführt. Das bedeutet, Bauteile werden nicht mehr aus vielen Einzelteilen zusammengefügt, sondern aus einem Aluminiumrohteil „aus dem Vollen“ gefräst. So müssen diese Teile direkt aus einem Block gearbeitet werden und es ergeben sich Zerspanungsraten von bis zu 95%. Für eine wirtschaftliche Fertigung muss ein großes Zeitspanvolumen realisierbar sein, um kurze Bearbeitungszeiten zu ermöglichen.

**Integralbauteil für die Flugzeugindustrie aus AlMgSi1:**







Für die Fertigung solcher Bauteile kommen meist Vollhartmetall-Schaftfräser mit Eckenradius zum Einsatz. Eine spezielle Schneidengeometrie mit Spanleitstufe und eine hohe Oberflächengüte des Werkzeugs in der Kontaktzone zwischen Werkzeug und Werkstück verringern die Reibung und somit die Zerspanungstemperatur. Damit werden Materialaufschweißungen auf dem Werkzeug verhindert. Große Spankammern sorgen für eine reibungslose Spanabfuhr. Auch bei der Fertigung von Integralbauteilen geht der Trend in Richtung Trockenbearbeitung bzw. Bearbeitung mit Minimalmengenschmierung. Dann sind diese Werkzeuge zusätzlich mit einer Gleitschicht (z.B. DLC-Schicht) versehen, was die Reibung zwischen Werkzeug und Werkstück nochmals vermindert und die Spanabfuhr verbessert.
Mit solchen Werkzeugen sind Schnittgeschwindigkeiten über 1200 m/min und Vorschübe über 50 m/min im Trockenschnitt möglich.

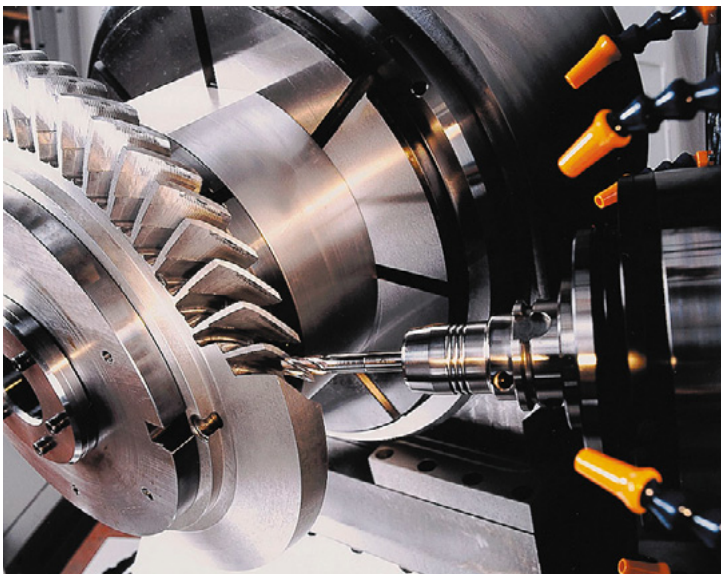
**Vollhartmetall-Schaftfräser 20 mm / Z3 - R2,5 Typ Alu-W-Cut für die Aluminium-Bearbeitung:**



### 18.5.6 Bearbeitung von Turbinenteilen

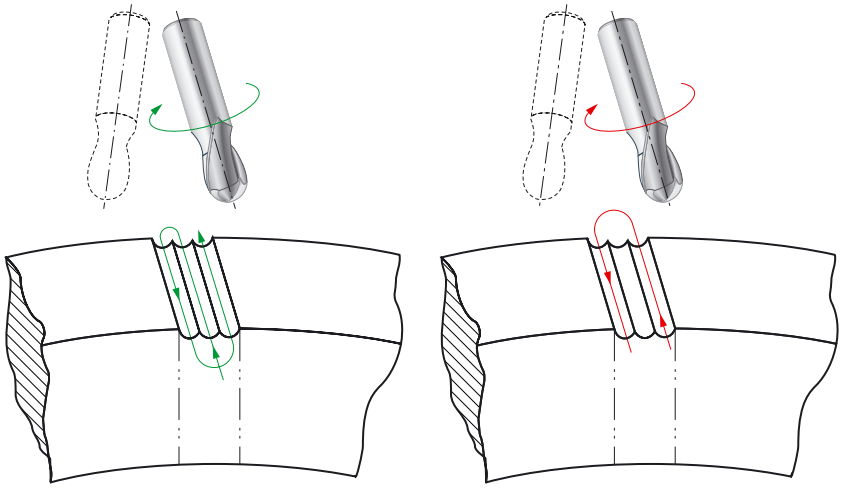
Verdichterräder von Flugtriebwerken werden aus hochwarmfesten, schwer zu zerspanenden Nickelbasislegierungen wie Inconel gefertigt. Diese Werkstoffe stellen besondere Anforderungen an Fräswerkzeuge und die Bearbeitungsstrategie.

**Bearbeitungssituation für die Fertigung eines einteiligen Verdichterrades (Blisk):**



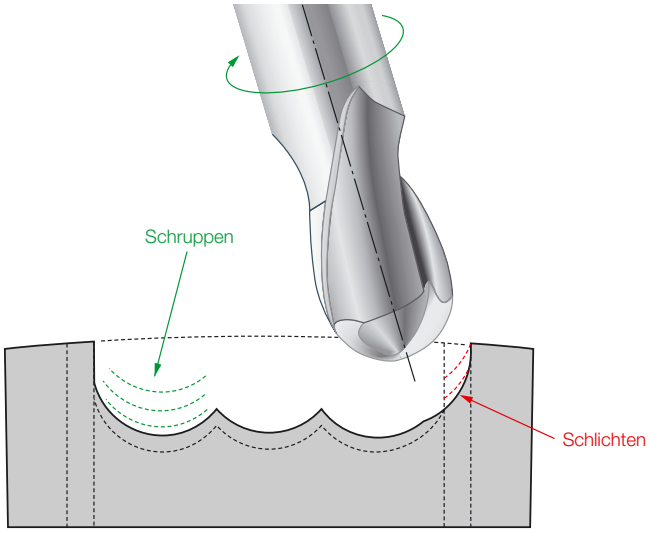
Durch die hohe Festigkeit und den nach der Fertigstellung der Bauteile verbleibenden dünnen Schaufelblättern muss eine spezielle Frässtrategie gewählt werden. Zum Einsatz kommen Monoblock-Werkzeuge mit Radiusschneiden aus beschichtetem Hartmetall. Die Werkzeuge führen zunächst einige Schruppschnitte der zwischen zwei Schaufelblättern zu fräsenden Nut durch. Dabei wird im Gleichlauf zerspant. Anschließend werden die Seitenflächen der Nut mit dem gleichen Werkzeug ebenfalls im Gleichlauf fertiggeschlichtet.

**Bearbeitungsfolgen bei der Bliskfertigung (schematisch):**



Schruppen Schlichten

**Abfolge von Schrupp- und Schlichtbearbeitung von Blisks:**



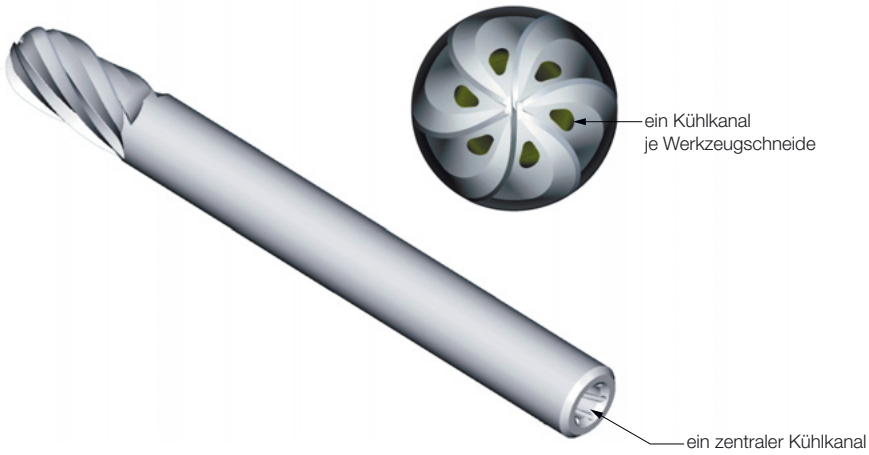

Beim Fräsen von Nickelbasislegierungen entstehen hohe Temperaturen an der Werkzeugschneide. Aus diesem Grund wird die Schnittgeschwindigkeit reduziert und es werden nur Werkzeuge aus Hartmetall mit sehr hoher Härte und mit einer Verschleißschutzschicht (meist TiAlN) verwendet. Zusätzlich kommen Kühlschmierstoffe zur Anwendung, um die Zerspanungswärme abzuführen. Wegen der tiefen Nuten ist es aber problematisch, den Kühlschmierstoff von außen an die Zerspanungszone heranzuführen. Deshalb werden verstärkt auch Fräswerkzeuge mit innerer Kühlmittelzufuhr verwendet. Diese Werkzeuge besitzen einen gedrallten Kühlkanal pro Schneide, der so ausgeformt ist, dass der verwendete Kühlschmierstoff direkt an der Werkzeugschneide austritt. Zusätzlich wird durch den Kühlmittelstrom die Spanabfuhr aus den tiefen Nuten erleichtert. Die Kühlkanäle werden bereits bei der Herstellung, vor dem Sintervorgang, in die Hartmetall-Werkzeugrohlinge eingebracht. Um auftretende Strömungsverluste in den engen Kühlkanälen zu vermindern, können diese Werkzeuge einen zentralen Kanal, der vom Schaftende des Werkzeuges bis kurz vor die Werkzeugschneiden reicht und sich erst danach in die jeweiligen Kühlkanäle pro Werkzeugschneide teilt, aufweisen.



# Fräsen

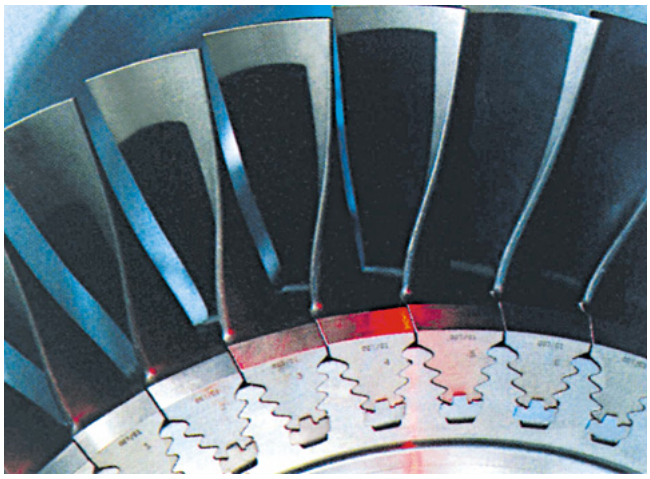
Natürlich müssen Werkzeughersteller bei der Fertigung sowie beim Nachschärfen solcher Werkzeuge auf die korrekte Lage der Kühlkanäle achten. Eine deutliche Verlängerung der Standzeit bei gleichzeitiger Reduzierung der Bearbeitungszeit gleicht die vorhandenen Mehrkosten derartiger Werkzeuge mehr als aus.

**Hartmetall-Radiusschaftfräser mit 6 Schneiden und inneren Kühlkanälen:**

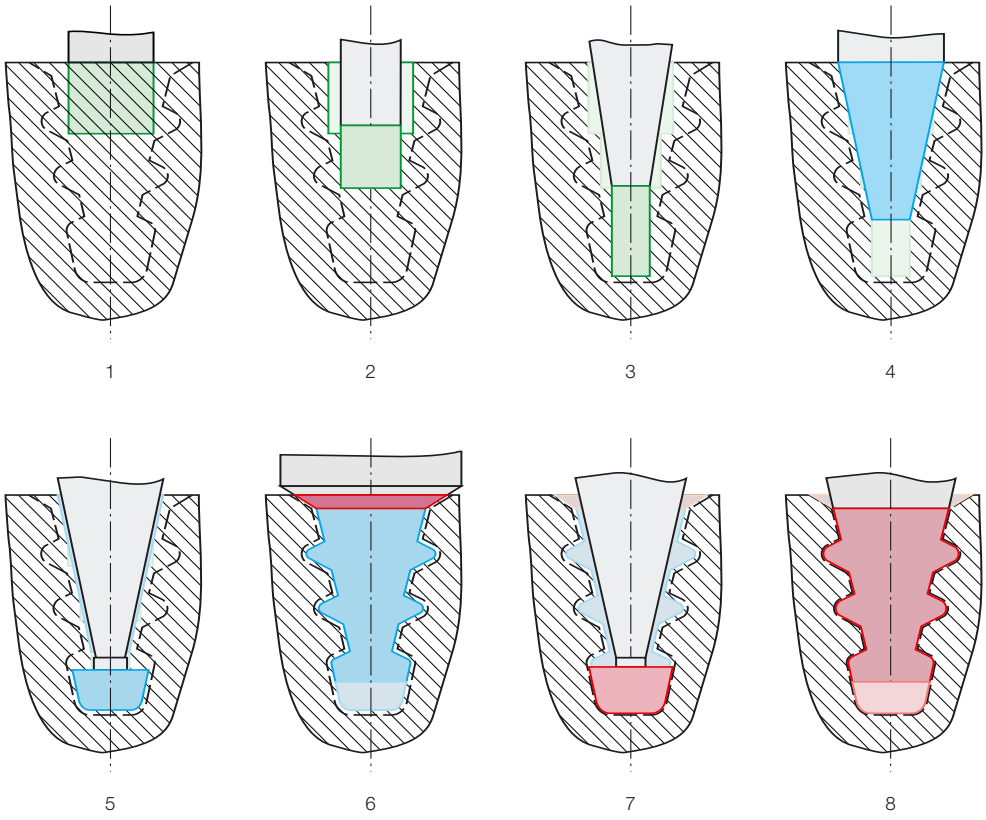



Bei größeren Turbinenrädern, wie sie insbesondere in Dampfturbinen anzutreffen sind, werden die Turbinenschaufeln einzeln gefertigt und in Läufer gefügt. Dafür wird ein spezielles Profil (Tannenbaumprofil) am Fuß der einzelnen Turbinenschaufeln – und ein entsprechendes Gegenprofil im Läufer – erzeugt. Auf Grund der geringen Fertigungstoleranzen werden diese Profile mit einer Folge von Standard- und Sonderformwerkzeugen gefertigt.

**Ausschnitt eines Turbinenrades, bestehend aus Laufrad und einzelnen Schaufeln:**



**Ablauf der Fertigung eines Tannenbaumprofils in acht Schritten:**




In den Arbeitsschritten 1 bis 3 wird mit Standardwerkzeugen die Kontur vorgeschruppt (grün). Danach wird in den Arbeitsschritten 4 bis 6 die Kontur vorgeschlichtet (blau). Dabei verbleibt ein Aufmaß auf der Kontur von ca. 0,3 mm. Im Arbeitsschritt 6 wird bereits die obere Schräge fertigbearbeitet (rot). In den Arbeitsschritten 7 und 8 wird die Kontur dann mit Sonderformwerkzeugen fertiggeschlichtet. Die dabei zulässige Abweichung über die gesamte Kontur beträgt ca. 0,01 mm. Die zum Einsatz kommenden Formfräser sind aus HSS und auch immer häufiger aus Hartmetall und müssen den höchsten Anforderungen bezüglich Form- und Rundlaufgenauigkeit genügen.

**TiN-beschichteter HSS-Formfräser mit Tannenbaumprofil und inneren Kühlkanälen:**



Zum Vorschlichten werden verstärkt auch Fräswerkzeuge mit Wendeschneidplatten eingesetzt.



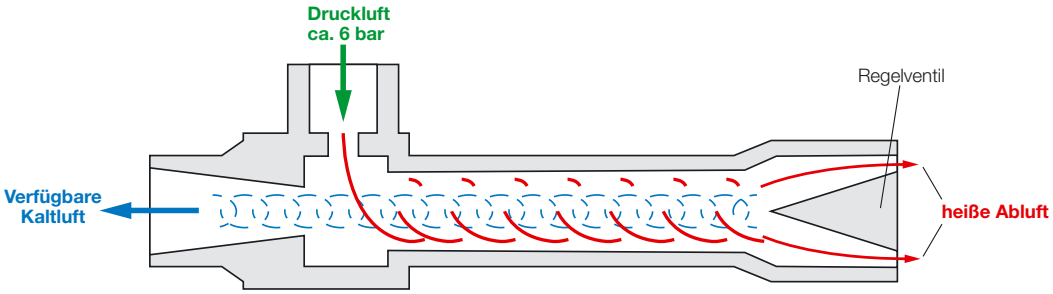


## 18.5.7 Kaltluftdüse

Das Prinzip der Kaltluftdüse basiert auf der Wirkungsweise von Wirbelrohren. Gewöhnliche Druckluft wird in einen kalten und einen heißen Strom geteilt. Ohne zusätzliche Energiezufuhr durch Strom oder bewegte Teile kann die Kaltluftdüse Kühlung bis zu 630 kcal/h oder Temperaturen von ca. –40 °C erzeugen und benötigt dazu nur Fabrikdruckluft von ca. 6 bar. Ein Wasserabscheider oder eine Wartungseinheit sollte vorgeschaltet werden.

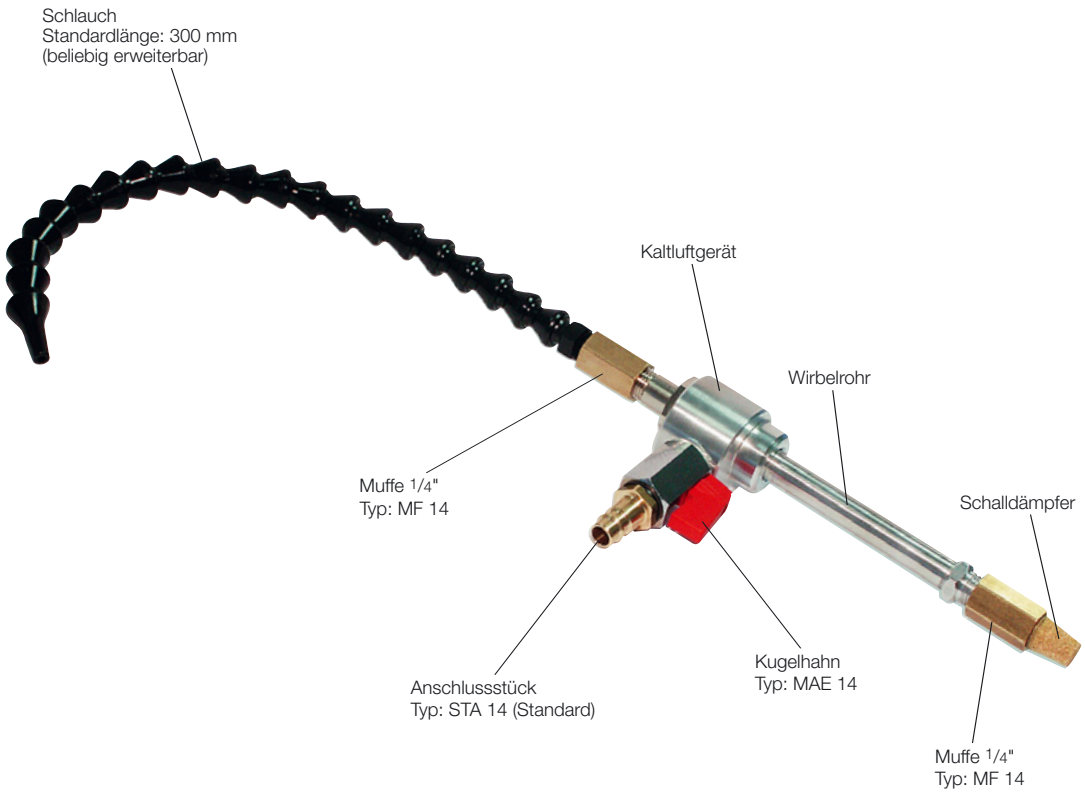
Die nachstehende Zeichnung veranschaulicht die Wirkungsweise einer Kaltluftdüse. Druckluft trifft in einem tangential angebohrten, ortsfesten Generator ein, der die Luft entlang der langen Rohrinnenwandung kreisend in Richtung des Heißluftregelventils drängt, wobei Schallgeschwindigkeit erzeugt wird.

Ein Anteil der Luft entweicht durch das Nadelventil am Heißluftaustritt. Die nicht entweichende Luft wird zwangsweise durch die Mitte des Schallgeschwindigkeit-Luftstroms zurückgeführt, wobei sie einen einfachen Wärmeaustausch bewirkt. Die innere Luftspirale mit langsamer Bewegung gibt Wärme an die äußere, schnellere Spirale ab. Wenn die innere Spirale durch die Mitte des ortsfesten Generators und aus dem Kühlluftabzug austritt, hat sie eine extrem niedrige Temperatur erreicht. Die Fließgeschwindigkeit des äußeren Stromes (Heißluft) ist stets höher als die des inneren Stromes (Kaltluft), da ein Teil des äußeren Stromes über das Heißluftventil abgeleitet wird.




| Die Temperatur gemessen am effektiven Austritt des Wirbelrohrs (nicht Düsenende) | | | |
|---|---|---|---|
| Zuluft-Druck bar | Temperatur der Nutzluft in °C bei einem Kaltluftanteil von 25% | 50% | 75% |
| 3 | –31 | –22 | – 6 |
| 4 | –35 | –35 | – 8 |
| 5 | –39 | –28 | –10 |
| 6 | –42 | –31 | –11 |
| 7 | –46 | –34 | –13 |

| Luftverbrauch bei Eingangstemperatur von 21°C | | |
|---|---|---|
| Eingangsdruck | Luftverbrauch | Kapazität |
| 6,9 bar | 7,08 l/sec. | 226 kCal/h |
| 6,9 bar | 25,5 $m^3/h$ | 263 W |




## 18.6 Unwucht an Werkzeugsystemen

Durch die immer schneller rotierenden Werkzeuge samt Werkzeugaufnahmen muss der Unwucht eine größere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Durch eine Unwucht entsteht am Werkzeug eine Radialkraft, die über die Lagerung der Maschinenspindel abgeführt werden muss. Auch schlägt sich eine zu große Unwucht an der gefrästen Fläche durch Rattermarken nieder. Deshalb muss bei schnelldrehenden Werkzeugsystemen die Unwucht überprüft und ggf. mittels geeigneter Maßnahmen reduziert werden.
Eine Unwucht entsteht, wenn der Schwerpunkt eines Rotors (Maschinenspindel, Werkzeugaufnahme und Werkzeug) außerhalb seiner Drehachse liegt.

Das kann bei Fräswerkzeugen in Werkzeugaufnahmen folgende Gründe haben:

- keine rotationssymmetrische Form
  (z.B. Orientierungs- und Mitnehmernuten in Werkzeugaufnahme)
- unsymmetrische Massenverteilung ( z.B. Rundlauffehler, Fluchtungsfehler)

Unwucht kann nachstehende unerwünschte Folgen haben:

- schlechte Oberflächengüte durch Schwingungen
- Reduzierung der Werkzeugstandzeit
- erhöhte Radialkraft auf Spindellager (Verkürzung der Lebensdauer)

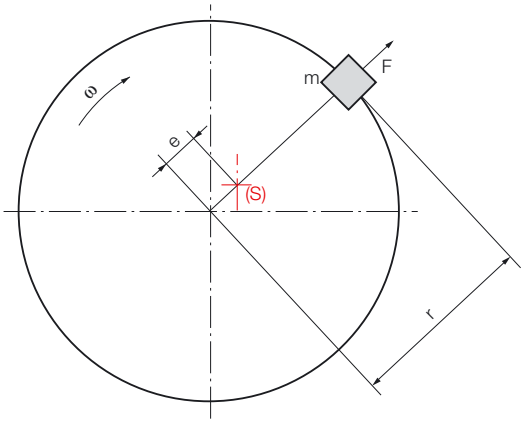


# Fräsen

Die durch Unwucht hervorgerufene Radialkraft (Fliehkraft) berechnet sich nach folgender Formel:

$$F = m \cdot r \cdot \omega^2$$

F = Fliehkraft in N
m = Unwuchtmasse in kg
r = Abstand der Unwuchtmasse in m
ω = Winkelgeschwindigkeit in $s^{-1}$
S = Schwerpunkt
e = Abstand des Schwerpunkts zur Rotationsachse (Exzentrizität)



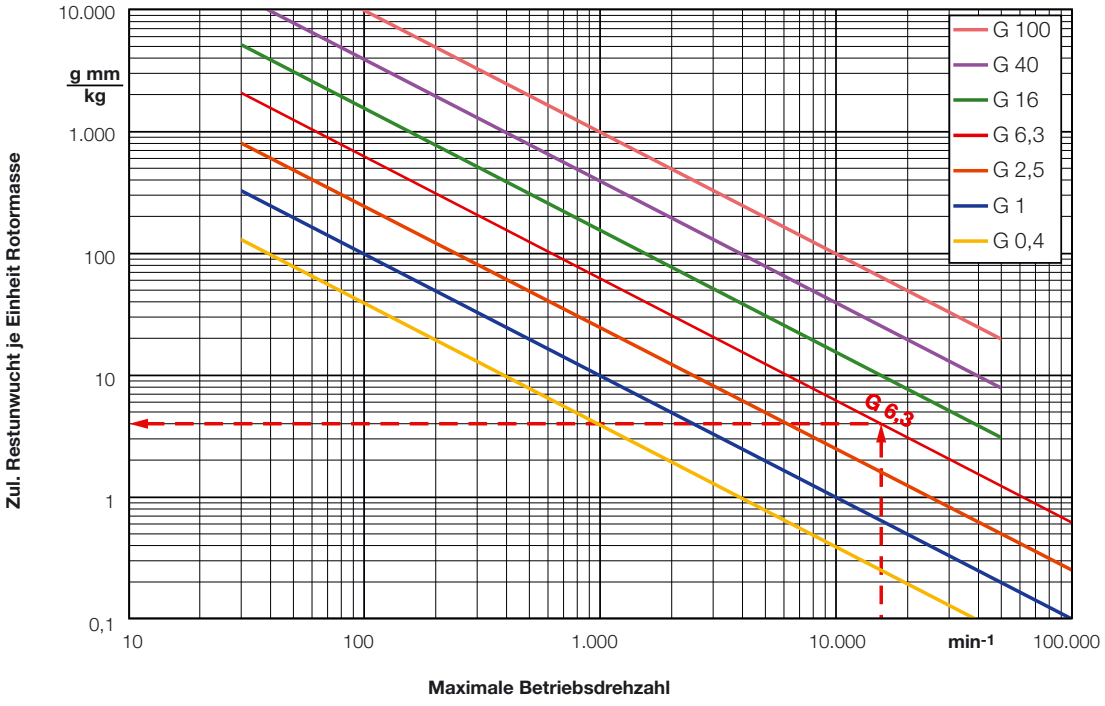

**Unwucht und Fliehkraft am Rotor**

Aus dieser Formel geht hervor, dass die Größe der Fliehkraft von der Unwuchtmasse, dem Abstand dieser Unwuchtmasse von der Rotationsachse und von der Winkelgeschwindigkeit (proportional zur Drehzahl) abhängig ist. Vorhandene Unwuchten werden durch Massenausgleich beseitigt.
Dazu gibt es folgende Vorgehensweisen:

- Entfernen von Massen (Wuchtbohrungen, Wuchtflächen)
- Verschieben von Massen (Wuchtgewichte, Stellringe)
- Anbringen von Massen (Wuchtgewichte, Wuchtschrauben)

Die Größe der Unwucht wird in drehzahlgebundenen Gütestufen angegeben. Den Zusammenhang zwischen Gütestufe G, Drehzahl n und zulässiger Restunwucht wird im doppelt-logarithmischen Diagramm abgebildet.

**Zusammenhang Gütestufe, Drehzahl, zulässige Restunwucht:**





Der Verband der Deutschen Maschinen- und Anlagenbauer (VDMA) hat eine FKM-Richtlinie zu Auswuchtanforderungen an schnelldrehende Werkzeusysteme herausgegeben (Auflage 12/1999). Darin wird eine Auswuchtgütestufe von G 16 bei der Betriebsdrehzahl für allgemeine Anwendungen empfohlen. Dieser Wert stellt einen Kompromiss zwischen technologisch Notwendigem und wirtschaftlich Sinnvollem dar.

Falls jedoch hohe Anforderungen an den Bearbeitungsprozess gestellt werden (z.B. besonders hohe Oberflächengüten), ist eine Wuchtgüte von G 6,3 oder sogar G 2,5 anzustreben. Hersteller von qualitativ hochwertigen Werkzeugaufnahmen geben die Auswuchtgütestufe in der Beschreibung an. Ohne die Angabe der jeweiligen Bezugsdrehzahl ist diese jedoch unvollständig und für einen Vergleich nicht zu verwenden.

Bei der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung darf die Wuchtgüte der Fräswerkzeuge aus Sicherheitsgründen nach DIN EN ISO 15641 nicht schlechter als G 40 bei der maximalen Betriebsdrehzahl sein.
Aufnahmen mit SK40-, HSK-A63- und HSK-E40-Schaft werden von EMUGE-FRANKEN in der Auswuchtgütestufe G 6,3 bei einer Bezugsdrehzahl von 15.000 $min^{-1}$ ausgeliefert.

Es muss jedoch beachtet werden, dass die tatsächlich vorhandene Wuchtgüte erst nach dem Einspannen des Werkzeugs in die Aufnahme ermittelt werden kann.

Für die Berechnung der Wuchtgüte und der daraus resultierenden (zulässigen) Restexzentrizität sind in der Praxis folgende Näherungsformeln üblicherweise ausreichend:

$$G \approx \frac{n \cdot e}{9.550}$$

$$e_{zul} \approx \frac{G \cdot 9.550}{n}$$

G = Auswuchtgütestufe
n = Drehzahl in $min^{-1}$
$e_{(zul)}$ = (zulässige) Restexzentrizität in µm
9.550 = Faktor für Einheiten-Umrechnung

## 18.7 Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit

Die folgenden Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit sind als Empfehlung bei der Wahl der geeigneten Schnittparameter zu betrachten. Sie geben einen Anfangswert an und sollten dann im Prozess weiter optimiert werden. Sie sind ausgelegt auf eine durchschnittliche Bearbeitungssituation. In der Praxis können diese Tabellenwerte stark von den optimalen Werten abweichen, vor allem bei schwierigen Bearbeitungsaufgaben wie z.B. dem Fräsen von dünnen Stegen oder bei labiler Werkstück- bzw. Werkzeugspannung.





## 18.7.1 Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit für Schaft-, Langloch-, Kugel- und Torusfräser aus Vollhartmetall

Richtwerte für den Vorschub pro Zahn siehe **Kapitel 18.8.1** und **Kapitel 18.8.2**.

| Hauptgruppe / Untergruppe | | | Beispiel | Nr. | Zugfestigkeit Rm [N/mm²] Härte [HB/HRC/HV] |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | **Stahlwerkstoffe** | | | | |
| 1.1 | Kaltfließpressstähle, Magnetweicheisen | ≤ 400 N/mm² | Q-St37-3<br>R-Fe80 | 1.0123<br>1.1014 | |
| 1.2 | Automatenstähle, Allgemeine Baustähle | ≤ 600 N/mm² | 9SMnPb28<br>St37-2 | 1.0718<br>1.0037 | 500-700 N/mm²<br>340-470 N/mm² |
| 1.3 | Automatenstähle, Baustähle, Legierte Stähle, Stahlguss | ≤ 850 N/mm² | St70-2<br>GS-25CrMo4 | 1.0070<br>1.7218 | 700-900 N/mm²<br>650-950 N/mm² |
| 1.4 | Einsatzstähle, Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Kaltarbeitsstähle | ≤ 1100 N/mm² | 16MnCr5<br>Ck45<br>100Cr6 | 1.7131<br>1.1191<br>1.3505 | 500-700 N/mm²<br>600-800 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 1.5 | Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Warmarbeitsstähl, Gehärtete Stähle ≤ 44 HRC Kaltarbeitsstähle, | ≤ 1400 N/mm² | 42CrMo4V<br>X30WCrV5-3<br>X38CrMoV5-3<br>X155CrVMo12-1 | 1.7225<br>1.2567<br>1.2367<br>1.2379 | 1200-1400 N/mm²<br>1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm² |
| 1.6 | Gehärtete Stähle | > 44 - 55 HRC | 55NiCrMoV6 | 1.2713 | 47-52 HRC |
| 1.7 | Gehärtete Stähle | > 55 - 60 HRC | 45WCrV7 | 1.2542 | 56-57 HRC |
| 1.8 | Gehärtete Stähle | > 60 - 63 HRC | X155CrVMo12-1 | 1.2379 | 60-63 HRC |
| 1.9 | Gehärtete Stähle | > 63 - 66 HRC | X210CrW12 | 1.2436 | 63-64 HRC |
| 1.10 | Rostbeständige Stähle, Säurebeständige Stähle, Hitzebeständige Stähle | ≤ 850 N/mm² | X10NiCrAlTi32-20 [INCOLOY800]<br>X12CrNiTi18-9<br>X6CrNiMoTi17-12-2 | 1.4876<br>1.4878<br>1.4571 | 610-850 N/mm²<br>500-700 N/mm²<br>500-730 N/mm² |
| 1.11 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1100 N/mm² | X45SiCr4 | 1.4704 | 900-1100 N/mm² |
| 1.12 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1400 N/mm² | X5NiCrTi26-15 | 1.4980 | 1200 N/mm² |
| 1.13 | Stahl-Sonderwerkstoffe | | FerroTiC<br>Hardox500 | | 800-900 N/mm²<br>1300-1400 N/mm² |
| **2** | **Gusswerkstoffe** | | | | |
| 2.1 | Gusseisen | | GG 20<br>GG 30 | 0.6020<br>0.6030 | 120-220 HB<br>220-270 HB |
| 2.2 | Gusseisen mit Kugelgraphit | | GGG 40<br>GGG 70 | 0.7040<br>0.7070 | 400 N/mm²<br>700-1050 N/mm² |
| 2.3 | Gusseisen mit Vermikulargraphit | | GGV(80%Perlit)<br>GGV(100%Perlit) | | 220 HB<br>230 HB |
| 2.4 | Temperguss | | GTW 40<br>GTS 65 | 0.8040<br>0.8165 | 360-420 N/mm²<br>580-650 N/mm² |
| 2.5 | Hartguss | ≤ 400 HB | | | -400 HB |
| **3** | **Kupfer, Kupferlegierungen, Bronze, Messing** | | | | |
| 3.1 | Reinkupfer und niedrigleg. Kupfer | ≤ 500 N/mm² | E-Cu | 2.0060 | 250-350 N/mm² |
| 3.2 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) | | CuZn40 [Ms60]<br>CuZn37 [Ms63] | 2.0360<br>2.0321 | 340-490 N/mm²<br>310-550 N/mm² |
| 3.3 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) | | CuZn39Pb2 [Ms58] | 2.0380 | 380-500 N/mm² |
| 3.4 | Kupfer-Alu-Legierungen (Alubronze langspanend) Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze langspanend) | | CuAl10Ni | 2.0966 | 500-800 N/mm² |
| 3.5 | Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze kurzspanend) | | GCuSn5ZnPb [Rg5]<br>GCuSn7ZnPb [Rg7] | 2.1096<br>2.1090 | 150-300 N/mm²<br>150-300 N/mm² |
| 3.6 | Kupfer-Sonderlegierungen bis Q18 | | Ampco16 | | 630 N/mm² |
| 3.7 | Kupfer-Sonderlegierungen über Q18 | | Ampco20 | | 600 N/mm² |
| **4** | **Nickel-/Kobalt-Legierungen** | | | | |
| 4.1 | Nickel-/Kobalt-Leg. warmfest | ≤ 850 N/mm² | NiCu30Fe [MONEL400] | 2.4360 | 420-610 N/mm² |
| 4.2 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest | 850-1400 N/mm² | NiCr19NbMo [INCONEL718] | 2.4668 | 850-1190 N/mm² |
| 4.3 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest | >1400 N/mm² | Haynes 25 (L605) | | 1550-2000 N/mm² |
| **5** | **Aluminiumlegierungen** | | | | |
| 5.1 | Alu-Knetlegierungen | | Al 99,5 [F13]<br>AlCuMg1 [F39] | 3.0255<br>3.1325 | 100-250 N/mm²<br>300-500 N/mm² |
| 5.2 | Alu-Gusslegierungen Si ≤ 5% | | G-AlMg3 | 3.3541 | 130-190 N/mm² |
| 5.3 | Alu-Gusslegierungen 5% < Si ≤ 12% | | GD-AlSi9Cu3<br>GD-AlSi12 | 3.2163<br>3.2582 | 240-310 N/mm²<br>220-300 N/mm² |
| 5.4 | Alu-Gusslegierungen 12% < Si | | G-AlSi17Cu4 | | 180-250 N/mm² |
| **6** | **Magnesiumlegierungen** | | | | |
| 6.1 | Magnesium-Knetlegierungen | | MgAl6 | 3.5662 | 300-500 N/mm² |
| 6.2 | Magnesium-Gusslegierungen | | GMgAl9Zn1 | 3.5912 | 300-500 N/mm² |
| **7** | **Titan, Titanlegierungen** | | | | |
| 7.1 | Reintitan, Titanlegierungen | ≤ 900 N/mm² | Ti3 [Ti99.4]<br>TiAl6V4 | 3.7055<br>3.7164 | 700 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 7.2 | Titanlegierungen | 900-1250 N/mm² | TiAl4Mo4Sn2 | 3.7185 | 900-1250 N/mm² |
| **8** | **Kunststoffe** | | | | |
| 8.1 | Duroplaste (kurzspanend) | | BAKELIT | | 110 N/mm² |
| 8.2 | Thermoplaste (langspanend) | | HOSTALEN | | 80 N/mm² |
| 8.3 | Faserverstärkte Kunststoffe | | CFK / GFK / AFK | | 800-1500 N/mm² |
| **9** | **Werkstoffe für bes. Anwendungen** | | | | |
| 9.1 | Graphit | | C-8000 | | 60 N/mm² |
| 9.2 | Wolfram-Kupfer-Legierungen | | W-Cu 80/20 | | 230-250 HV |



| Korrekturfaktor für Vorschubberechnung (x $f_z$) | Schnittgeschwindigkeit $v_c$ [m/min] unbe-schichtet | TiAlN Schicht | $TiB_2$ Schicht | Diamant -D11 Schicht | Diamant -D33 Schicht | Diamant -D34 Schicht |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| 1,2 | 180 | 220 | – | – | – | – |
| 1,2 | 140 | 180 | – | – | – | – |
| 1,1 | 110 | 170 | – | – | – | – |
| 1,0 | 100 | 130 | – | – | – | – |
| 0,8 | 80 | 110 | – | – | – | – |
| 0,7 | – | 100 | – | – | – | – |
| 1,1 | – | 90 | – | – | – | – |
| 1,0 | – | 80 | – | – | – | – |
| 0,9 | – | 70 | – | – | – | – |
| 1,0 | 75 | 90 | – | – | – | – |
| 0,9 | – | 70 | – | – | – | – |
| 0,7 | – | 50 | – | – | – | – |
| 0,7 | – | 40 | – | – | – | – |
| | | | – | – | – | – |
| 1,1 | 120 | 150 | – | – | – | – |
| 1,1 | 110 | 140 | – | – | – | – |
| 1,0 | 80 | 110 | – | – | – | – |
| 1,1 | 120 | 165 | – | – | – | – |
| 0,8 | – | 75 | – | – | – | – |
| | | | | | | |
| 1,2 | 200 | 230 | – | – | – | – |
| 1,1 | 210 | 260 | – | – | – | – |
| 1,1 | 190 | 250 | – | – | – | – |
| 1,2 | 160 | 220 | – | – | – | – |
| 1,2 | 230 | 300 | – | – | – | – |
| 1,0 | – | 70 | – | – | – | – |
| 0,7 | – | 20 | – | – | – | – |
| | | | | | | |
| 1,1 | – | 70 | – | – | – | – |
| 1,0 | – | 50 | – | – | – | – |
| 0,7 | – | 40 | – | – | – | – |
| | | | | | | |
| 1,9 | 350 | 650 | 500 | – | 1200 | – |
| 1,8 | 200 | 550 | 650 | – | 1100 | – |
| 1,6 | – | 300 | 480 | – | 750 | – |
| 1,5 | – | 180 | – | – | 350 | 350 |
| | | | | | | |
| 1,8 | 500 | 550 | – | – | 1100 | – |
| 1,9 | 480 | 550 | – | – | 1100 | – |
| | | | | | | |
| 1,0 | 90 | 110 | – | – | – | – |
| 0,9 | – | 70 | – | – | – | – |
| | | | | | | |
| 2,0 | 150 | 150 | – | – | – | – |
| 2,0 | 200 | 300 | – | – | – | – |
| 1,0 | 90 | 120 | – | – | 260 | 260 |
| | | | | | | |
| 1,0 | – | 220 | – | 450 | – | – |
| 1,1 | 80 | 110 | – | – | – | – |





## 18.7.2 Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit für Schaftfräser aus Voll-Cermet

Richtwerte für den Vorschub pro Zahn siehe **Kapitel 18.8.3**.

| | Hauptgruppe / Untergruppe | | Beispiel | Nr. | Zugfestigkeit Rm [N/mm²] Härte [HB/HRC/HV] |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | **Stahlwerkstoffe** | | | | |
| 1.1 | Kaltfließpressstähle, Magnetweicheisen | ≤ 400 N/mm² | Q-St37-3<br>R-Fe80 | 1.0123<br>1.1014 | |
| 1.2 | Automatenstähle, Allgemeine Baustähle | ≤ 600 N/mm² | 9SMnPb28<br>St37-2 | 1.0718<br>1.0037 | 500-700 N/mm²<br>340-470 N/mm² |
| 1.3 | Automatenstähle, Baustähle, Legierte Stähle, Stahlguss | ≤ 850 N/mm² | St70-2<br>GS-25CrMo4 | 1.0070<br>1.7218 | 700-900 N/mm²<br>650-950 N/mm² |
| 1.4 | Einsatzstähle, Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Kaltarbeitsstähle | ≤ 1100 N/mm² | 16MnCr5<br>Ck45<br>100Cr6 | 1.7131<br>1.1191<br>1.3505 | 500-700 N/mm²<br>600-800 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 1.5 | Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Warmarbeitsstähl, Gehärtete Stähle ≤ 44 HRC Kaltarbeitsstähle, | ≤ 1400 N/mm² | 42CrMo4V<br>X30WCrV5-3<br>X38CrMoV5-3<br>X155CrVMo12-1 | 1.7225<br>1.2567<br>1.2367<br>1.2379 | 1200-1400 N/mm²<br>1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm² |
| 1.6 | Gehärtete Stähle | > 44 - 55 HRC | 55NiCrMoV6 | 1.2713 | 47-52 HRC |
| 1.7 | Gehärtete Stähle | > 55 - 60 HRC | 45WCrV7 | 1.2542 | 56-57 HRC |
| 1.8 | Gehärtete Stähle | > 60 - 63 HRC | X155CrVMo12-1 | 1.2379 | 60-63 HRC |
| 1.9 | Gehärtete Stähle | > 63 - 66 HRC | X210CrW12 | 1.2436 | 63-64 HRC |
| 1.10 | Rostbeständige Stähle, Säurebeständige Stähle, Hitzebeständige Stähle | ≤ 850 N/mm² | X10NiCrAlTi32-20 [INCOLOY800]<br>X12CrNiTi18-9<br>X6CrNiMoTi17-12-2 | 1.4876<br>1.4878<br>1.4571 | 610-850 N/mm²<br>500-700 N/mm²<br>500-730 N/mm² |
| 1.11 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1100 N/mm² | X45SiCr4 | 1.4704 | 900-1100 N/mm² |
| 1.12 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1400 N/mm² | X5NiCrTi26-15 | 1.4980 | 1200 N/mm² |
| 1.13 | Stahl-Sonderwerkstoffe | | FerroTiC<br>Hardox500 | | 800-900 N/mm²<br>1300-1400 N/mm² |
| **2** | **Gusswerkstoffe** | | | | |
| 2.1 | Gusseisen | | GG 20<br>GG 30 | 0.6020<br>0.6030 | 120-220 HB<br>220-270 HB |
| 2.2 | Gusseisen mit Kugelgraphit | | GGG 40<br>GGG 70 | 0.7040<br>0.7070 | 400 N/mm²<br>700-1050 N/mm² |
| 2.3 | Gusseisen mit Vermikulargraphit | | GGV(80%Perlit)<br>GGV(100%Perlit) | | 220 HB<br>230 HB |
| 2.4 | Temperguss | | GTW 40<br>GTS 65 | 0.8040<br>0.8165 | 360-420 N/mm²<br>580-650 N/mm² |
| 2.5 | Hartguss | ≤ 400 HB | | | -400 HB |



| Korrekturfaktor für Vorschubberechnung (x $f_z$) | Schnittgeschwindigkeit $v_c$ [m/min] | |
|---|---|---|
| | unbeschichtet | TiCN / TiAlN |
| 1,2 | 280 | 300 |
| 1,2 | 260 | 280 |
| 1,1 | 240 | 270 |
| 1,0 | 190 | 210 |
| 0,8 | 170 | 190 |
| 0,8 | – | 180 |
| – | – | – |
| – | – | – |
| – | – | – |
| 1,0 | 160 | 190 |
| – | – | – |
| – | – | – |
| 0,8 | – | 180 |
| | | |
| 1,1 | 220 | 270 |
| 1,1 | 200 | 260 |
| 1,0 | 190 | 240 |
| 1,1 | 230 | 280 |
| – | – | – |





## 18.7.3 Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit für Schaft- und Langlochfräser aus HSS

Richtwerte für den Vorschub pro Zahn siehe **Kapitel 18.8.4**.

| Hauptgruppe / Untergruppe | | | Beispiel | Nr. | Zugfestigkeit Rm [N/mm²] Härte [HB/HRC/HV] |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | **Stahlwerkstoffe** | | | | |
| 1.1 | Kaltfließpressstähle, Magnetweicheisen | ≤ 400 N/mm² | Q-St37-3<br>R-Fe80 | 1.0123<br>1.1014 | |
| 1.2 | Automatenstähle, Allgemeine Baustähle | ≤ 600 N/mm² | 9SMnPb28<br>St37-2 | 1.0718<br>1.0037 | 500-700 N/mm²<br>340-470 N/mm² |
| 1.3 | Automatenstähle, Baustähle, Legierte Stähle, Stahlguss | ≤ 850 N/mm² | St70-2<br>GS-25CrMo4 | 1.0070<br>1.7218 | 700-900 N/mm²<br>650-950 N/mm² |
| 1.4 | Einsatzstähle, Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Kaltarbeitsstähle | ≤ 1100 N/mm² | 16MnCr5<br>Ck45<br>100Cr6 | 1.7131<br>1.1191<br>1.3505 | 500-700 N/mm²<br>600-800 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 1.5 | Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Warmarbeitsstähl, Gehärtete Stähle ≤ 44 HRC Kaltarbeitsstähle, | ≤ 1400 N/mm² | 42CrMo4V<br>X30WCrV5-3<br>X38CrMoV5-3<br>X155CrVMo12-1 | 1.7225<br>1.2567<br>1.2367<br>1.2379 | 1200-1400 N/mm²<br>1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm² |
| 1.6 | Gehärtete Stähle | > 44 - 55 HRC | 55NiCrMoV6 | 1.2713 | 47-52 HRC |
| 1.7 | Gehärtete Stähle | > 55 - 60 HRC | 45WCrV7 | 1.2542 | 56-57 HRC |
| 1.8 | Gehärtete Stähle | > 60 - 63 HRC | X155CrVMo12-1 | 1.2379 | 60-63 HRC |
| 1.9 | Gehärtete Stähle | > 63 - 66 HRC | X210CrW12 | 1.2436 | 63-64 HRC |
| 1.10 | Rostbeständige Stähle, Säurebeständige Stähle, Hitzebeständige Stähle | ≤ 850 N/mm² | X10NiCrAlTi32-20 [INCOLOY800]<br>X12CrNiTi18-9<br>X6CrNiMoTi17-12-2 | 1.4876<br>1.4878<br>1.4571 | 610-850 N/mm²<br>500-700 N/mm²<br>500-730 N/mm² |
| 1.11 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1100 N/mm² | X45SiCr4 | 1.4704 | 900-1100 N/mm² |
| 1.12 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1400 N/mm² | X5NiCrTi26-15 | 1.4980 | 1200 N/mm² |
| 1.13 | Stahl-Sonderwerkstoffe | | FerroTiC<br>Hardox500 | | 800-900 N/mm²<br>1300-1400 N/mm² |
| **2** | **Gusswerkstoffe** | | | | |
| 2.1 | Gusseisen | | GG 20<br>GG 30 | 0.6020<br>0.6030 | 120-220 HB<br>220-270 HB |
| 2.2 | Gusseisen mit Kugelgraphit | | GGG 40<br>GGG 70 | 0.7040<br>0.7070 | 400 N/mm²<br>700-1050 N/mm² |
| 2.3 | Gusseisen mit Vermikulargraphit | | GGV(80%Perlit)<br>GGV(100%Perlit) | | 220 HB<br>230 HB |
| 2.4 | Temperguss | | GTW 40<br>GTS 65 | 0.8040<br>0.8165 | 360-420 N/mm²<br>580-650 N/mm² |
| 2.5 | Hartguss | ≤ 400 HB | | | -400 HB |
| **3** | **Kupfer, Kupferlegierungen, Bronze, Messing** | | | | |
| 3.1 | Reinkupfer und niedrigleg. Kupfer | ≤ 500 N/mm² | E-Cu | 2.0060 | 250-350 N/mm² |
| 3.2 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) | | CuZn40 [Ms60]<br>CuZn37 [Ms63] | 2.0360<br>2.0321 | 340-490 N/mm²<br>310-550 N/mm² |
| 3.3 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) | | CuZn39Pb2 [Ms58] | 2.0380 | 380-500 N/mm² |
| 3.4 | Kupfer-Alu-Legierungen (Alubronze langspanend) Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze langspanend) | | CuAl10Ni | 2.0966 | 500-800 N/mm² |
| 3.5 | Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze kurzspanend) | | GCuSn5ZnPb [Rg5]<br>GCuSn7ZnPb [Rg7] | 2.1096<br>2.1090 | 150-300 N/mm²<br>150-300 N/mm² |
| 3.6 | Kupfer-Sonderlegierungen bis Q18 | | Ampco16 | | 630 N/mm² |
| 3.7 | Kupfer-Sonderlegierungen über Q18 | | Ampco20 | | 600 N/mm² |
| **4** | **Nickel-/Kobalt-Legierungen** | | | | |
| 4.1 | Nickel-/Kobalt-Leg. warmfest | ≤ 850 N/mm² | NiCu30Fe [MONEL400] | 2.4360 | 420-610 N/mm² |
| 4.2 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest | 850-1400 N/mm² | NiCr19NbMo [INCONEL718] | 2.4668 | 850-1190 N/mm² |
| 4.3 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest | >1400 N/mm² | Haynes 25 (L605) | | 1550-2000 N/mm² |
| **5** | **Aluminiumlegierungen** | | | | |
| 5.1 | Alu-Knetlegierungen | | Al 99,5 [F13]<br>AlCuMg1 [F39] | 3.0255<br>3.1325 | 100-250 N/mm²<br>300-500 N/mm² |
| 5.2 | Alu-Gusslegierungen Si ≤ 5% | | G-AlMg3 | 3.3541 | 130-190 N/mm² |
| 5.3 | Alu-Gusslegierungen 5% < Si ≤ 12% | | GD-AlSi9Cu3<br>GD-AlSi12 | 3.2163<br>3.2582 | 240-310 N/mm²<br>220-300 N/mm² |
| 5.4 | Alu-Gusslegierungen 12% < Si | | G-AlSi17Cu4 | | 180-250 N/mm² |
| **6** | **Magnesiumlegierungen** | | | | |
| 6.1 | Magnesium-Knetlegierungen | | MgAl6 | 3.5662 | 300-500 N/mm² |
| 6.2 | Magnesium-Gusslegierungen | | GMgAl9Zn1 | 3.5912 | 300-500 N/mm² |
| **7** | **Titan, Titanlegierungen** | | | | |
| 7.1 | Reintitan, Titanlegierungen | ≤ 900 N/mm² | Ti3 [Ti99.4]<br>TiAl6V4 | 3.7055<br>3.7164 | 700 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 7.2 | Titanlegierungen | 900-1250 N/mm² | TiAl4Mo4Sn2 | 3.7185 | 900-1250 N/mm² |
| **8** | **Kunststoffe** | | | | |
| 8.1 | Duroplaste (kurzspanend) | | BAKELIT | | 110 N/mm² |
| 8.2 | Thermoplaste (langspanend) | | HOSTALEN | | 80 N/mm² |
| 8.3 | Faserverstärkte Kunststoffe | | CFK / GFK / AFK | | 800-1500 N/mm² |
| **9** | **Werkstoffe für bes. Anwendungen** | | | | |
| 9.1 | Graphit | | C-8000 | | 60 N/mm² |
| 9.2 | Wolfram-Kupfer-Legierungen | | W-Cu 80/20 | | 230-250 HV |



| Korrekturfaktor für Vorschubberechnung (x $f_z$) | Schnittgeschwindigkeit $v_c$ [m/min] | |
|---|---|---|
| | unbeschichtet | TiCN / TiAlN |
| | | |
| 1,2 | 35 | 70 |
| 1,2 | 30 | 60 |
| 1,1 | 28 | 55 |
| 1,0 | 24 | 50 |
| 0,9 | 18 | 30 |
| – | – | – |
| – | – | – |
| – | – | – |
| – | – | – |
| 1,0 | 14 | 25 |
| 0,9 | 12 | 18 |
| 0,8 | 11 | 15 |
| – | – | – |
| | | |
| 1,1 | 25 | 40 |
| 1,0 | 23 | 36 |
| 1,0 | 20 | 30 |
| 1,0 | 35 | 55 |
| – | – | – |
| | | |
| 1,2 | 50 | 85 |
| 1,1 | 120 | 170 |
| 1,1 | 110 | 160 |
| 1,1 | 30 | 40 |
| 1,2 | 130 | 190 |
| 1,0 | 15 | 20 |
| – | – | – |
| | | |
| 1,0 | 10 | 16 |
| 0,9 | 10 | 14 |
| – | – | – |
| | | |
| 1,5 | 180 | 280 |
| 1,3 | 130 | 180 |
| 1,3 | – | 150 |
| 1,3 | – | 80 |
| | | |
| 1,3 | 110 | 200 |
| 1,5 | 110 | 200 |
| | | |
| 1,0 | 16 | 24 |
| 0,8 | 15 | 18 |
| | | |
| 2,0 | 40 | 70 |
| 2,0 | 130 | 240 |
| – | – | – |
| | | |
| 0,7 | – | 50 |
| 1,0 | – | 25 |





## 18.7.4 Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit für Walzenstirnfräser aus HSS

Richtwerte für den Vorschub pro Zahn siehe **Kapitel 18.8.5**.

| Hauptgruppe / Untergruppe | | | Beispiel | Nr. | Zugfestigkeit Rm [N/mm²] Härte [HB/HRC/HV] |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | **Stahlwerkstoffe** | | | | |
| 1.1 | Kaltfließpressstähle, Magnetweicheisen | ≤ 400 N/mm² | Q-St37-3<br>R-Fe80 | 1.0123<br>1.1014 | |
| 1.2 | Automatenstähle, Allgemeine Baustähle | ≤ 600 N/mm² | 9SMnPb28<br>St37-2 | 1.0718<br>1.0037 | 500-700 N/mm²<br>340-470 N/mm² |
| 1.3 | Automatenstähle, Baustähle, Legierte Stähle, Stahlguss | ≤ 850 N/mm² | St70-2<br>GS-25CrMo4 | 1.0070<br>1.7218 | 700-900 N/mm²<br>650-950 N/mm² |
| 1.4 | Einsatzstähle, Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Kaltarbeitsstähle | ≤ 1100 N/mm² | 16MnCr5<br>Ck45<br>100Cr6 | 1.7131<br>1.1191<br>1.3505 | 500-700 N/mm²<br>600-800 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 1.5 | Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Warmarbeitsstähl, Gehärtete Stähle ≤ 44 HRC Kaltarbeitsstähle, | ≤ 1400 N/mm² | 42CrMo4V<br>X30WCrV5-3<br>X38CrMoV5-3<br>X155CrVMo12-1 | 1.7225<br>1.2567<br>1.2367<br>1.2379 | 1200-1400 N/mm²<br>1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm² |
| 1.6 | Gehärtete Stähle | > 44 - 55 HRC | 55NiCrMoV6 | 1.2713 | 47-52 HRC |
| 1.7 | Gehärtete Stähle | > 55 - 60 HRC | 45WCrV7 | 1.2542 | 56-57 HRC |
| 1.8 | Gehärtete Stähle | > 60 - 63 HRC | X155CrVMo12-1 | 1.2379 | 60-63 HRC |
| 1.9 | Gehärtete Stähle | > 63 - 66 HRC | X210CrW12 | 1.2436 | 63-64 HRC |
| 1.10 | Rostbeständige Stähle, Säurebeständige Stähle, Hitzebeständige Stähle | ≤ 850 N/mm² | X10NiCrAlTi32-20 [INCOLOY800]<br>X12CrNiTi18-9<br>X6CrNiMoTi17-12-2 | 1.4876<br>1.4878<br>1.4571 | 610-850 N/mm²<br>500-700 N/mm²<br>500-730 N/mm² |
| 1.11 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1100 N/mm² | X45SiCr4 | 1.4704 | 900-1100 N/mm² |
| 1.12 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1400 N/mm² | X5NiCrTi26-15 | 1.4980 | 1200 N/mm² |
| 1.13 | Stahl-Sonderwerkstoffe | | FerroTiC<br>Hardox500 | | 800-900 N/mm²<br>1300-1400 N/mm² |
| **2** | **Gusswerkstoffe** | | | | |
| 2.1 | Gusseisen | | GG 20<br>GG 30 | 0.6020<br>0.6030 | 120-220 HB<br>220-270 HB |
| 2.2 | Gusseisen mit Kugelgraphit | | GGG 40<br>GGG 70 | 0.7040<br>0.7070 | 400 N/mm²<br>700-1050 N/mm² |
| 2.3 | Gusseisen mit Vermikulargraphit | | GGV(80%Perlit)<br>GGV(100%Perlit) | | 220 HB<br>230 HB |
| 2.4 | Temperguss | | GTW 40<br>GTS 65 | 0.8040<br>0.8165 | 360-420 N/mm²<br>580-650 N/mm² |
| 2.5 | Hartguss | ≤ 400 HB | | | -400 HB |
| **3** | **Kupfer, Kupferlegierungen, Bronze, Messing** | | | | |
| 3.1 | Reinkupfer und niedrigleg. Kupfer | ≤ 500 N/mm² | E-Cu | 2.0060 | 250-350 N/mm² |
| 3.2 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) | | CuZn40 [Ms60]<br>CuZn37 [Ms63] | 2.0360<br>2.0321 | 340-490 N/mm²<br>310-550 N/mm² |
| 3.3 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) | | CuZn39Pb2 [Ms58] | 2.0380 | 380-500 N/mm² |
| 3.4 | Kupfer-Alu-Legierungen (Alubronze langspanend)<br>Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze langspanend) | | CuAl10Ni | 2.0966 | 500-800 N/mm² |
| 3.5 | Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze kurzspanend) | | GCuSn5ZnPb [Rg5]<br>GCuSn7ZnPb [Rg7] | 2.1096<br>2.1090 | 150-300 N/mm²<br>150-300 N/mm² |
| 3.6 | Kupfer-Sonderlegierungen bis Q18 | | Ampco16 | | 630 N/mm² |
| 3.7 | Kupfer-Sonderlegierungen über Q18 | | Ampco20 | | 600 N/mm² |
| **4** | **Nickel-/Kobalt-Legierungen** | | | | |
| 4.1 | Nickel-/Kobalt-Leg. warmfest | ≤ 850 N/mm² | NiCu30Fe [MONEL400] | 2.4360 | 420-610 N/mm² |
| 4.2 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest | 850-1400 N/mm² | NiCr19NbMo [INCONEL718] | 2.4668 | 850-1190 N/mm² |
| 4.3 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest | >1400 N/mm² | Haynes 25 (L605) | | 1550-2000 N/mm² |
| **5** | **Aluminiumlegierungen** | | | | |
| 5.1 | Alu-Knetlegierungen | | Al 99,5 [F13]<br>AlCuMg1 [F39] | 3.0255<br>3.1325 | 100-250 N/mm²<br>300-500 N/mm² |
| 5.2 | Alu-Gusslegierungen Si ≤ 5% | | G-AlMg3 | 3.3541 | 130-190 N/mm² |
| 5.3 | Alu-Gusslegierungen 5% < Si ≤ 12% | | GD-AlSi9Cu3<br>GD-AlSi12 | 3.2163<br>3.2582 | 240-310 N/mm²<br>220-300 N/mm² |
| 5.4 | Alu-Gusslegierungen 12% < Si | | G-AlSi17Cu4 | | 180-250 N/mm² |
| **6** | **Magnesiumlegierungen** | | | | |
| 6.1 | Magnesium-Knetlegierungen | | MgAl6 | 3.5662 | 300-500 N/mm² |
| 6.2 | Magnesium-Gusslegierungen | | GMgAl9Zn1 | 3.5912 | 300-500 N/mm² |
| **7** | **Titan, Titanlegierungen** | | | | |
| 7.1 | Reintitan, Titanlegierungen | ≤ 900 N/mm² | Ti3 [Ti99.4]<br>TiAl6V4 | 3.7055<br>3.7164 | 700 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 7.2 | Titanlegierungen | 900-1250 N/mm² | TiAl4Mo4Sn2 | 3.7185 | 900-1250 N/mm² |
| **8** | **Kunststoffe** | | | | |
| 8.1 | Duroplaste (kurzspanend) | | BAKELIT | | 110 N/mm² |
| 8.2 | Thermoplaste (langspanend) | | HOSTALEN | | 80 N/mm² |
| 8.3 | Faserverstärkte Kunststoffe | | CFK / GFK / AFK | | 800-1500 N/mm² |
| **9** | **Werkstoffe für bes. Anwendungen** | | | | |
| 9.1 | Graphit | | C-8000 | | 60 N/mm² |
| 9.2 | Wolfram-Kupfer-Legierungen | | W-Cu 80/20 | | 230-250 HV |



| Korrekturfaktor für Vorschubberechnung (x $f_z$) | Schnittgeschwindigkeit $v_c$ [m/min] | |
|---|---|---|
| | unbeschichtet | TiCN / TiAlN |
| | | |
| 1,2 | 30 | 65 |
| 1,2 | 28 | 55 |
| 1,1 | 25 | 50 |
| 1,0 | 20 | 45 |
| 0,9 | 16 | 30 |
| – | – | – |
| – | – | – |
| – | – | – |
| – | – | – |
| 1,0 | 14 | 23 |
| 0,9 | – | 16 |
| 0,8 | – | 12 |
| – | – | – |
| | | |
| 1,1 | 23 | 35 |
| 1,0 | 22 | 32 |
| 1,0 | 18 | 28 |
| 1,0 | 32 | 50 |
| – | – | – |
| | | |
| 1,2 | 45 | 75 |
| 1,1 | 110 | 155 |
| 1,1 | 100 | 145 |
| 1,1 | 25 | 35 |
| 1,2 | 110 | 170 |
| 1,0 | – | 18 |
| – | – | – |
| | | |
| 1,0 | – | 13 |
| 0,9 | – | 10 |
| – | – | – |
| | | |
| 1,5 | 180 | – |
| 1,3 | 120 | – |
| 1,3 | 60 | – |
| – | – | – |
| | | |
| 1,3 | 100 | – |
| 1,5 | 100 | – |
| | | |
| 1,0 | – | 20 |
| 0,8 | – | 15 |
| | | |
| 2,0 | 35 | – |
| 2,0 | 110 | – |
| – | – | – |
| | | |
| – | – | – |
| 1,0 | – | 24 |





## 18.7.5 Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit für Fräser mit runden, unbeschichteten Wendeschneidplatten

Richtwerte für den Vorschub pro Zahn siehe **Kapitel 18.8.6**.

| Hauptgruppe / Untergruppe | | Beispiel | Nr. | Zugfestigkeit Rm [N/mm²] Härte [HB/HRC/HV] |
|---|---|---|---|---|
| **1** | **Stahlwerkstoffe** | | | |
| 1.1 | Kaltfließpressstähle, Magnetweicheisen ≤ 400 N/mm² | Q-St37-3<br>R-Fe80 | 1.0123<br>1.1014 | |
| 1.2 | Automatenstähle, Allgemeine Baustähle ≤ 600 N/mm² | 9SMnPb28<br>St37-2 | 1.0718<br>1.0037 | 500-700 N/mm²<br>340-470 N/mm² |
| 1.3 | Automatenstähle, Baustähle, Legierte Stähle, Stahlguss ≤ 850 N/mm² | St70-2<br>GS-25CrMo4 | 1.0070<br>1.7218 | 700-900 N/mm²<br>650-950 N/mm² |
| 1.4 | Einsatzstähle, Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Kaltarbeitsstähle ≤ 1100 N/mm² | 16MnCr5<br>Ck45<br>100Cr6 | 1.7131<br>1.1191<br>1.3505 | 500-700 N/mm²<br>600-800 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 1.5 | Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Warmarbeitsstähl, Gehärtete Stähle ≤ 44 HRC Kaltarbeitsstähle, ≤ 1400 N/mm² | 42CrMo4V<br>X30WCrV5-3<br>X38CrMoV5-3<br>X155CrVMo12-1 | 1.7225<br>1.2567<br>1.2367<br>1.2379 | 1200-1400 N/mm²<br>1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm² |
| 1.6 | Gehärtete Stähle > 44 - 55 HRC | 55NiCrMoV6 | 1.2713 | 47-52 HRC |
| 1.7 | Gehärtete Stähle > 55 - 60 HRC | 45WCrV7 | 1.2542 | 56-57 HRC |
| 1.8 | Gehärtete Stähle > 60 - 63 HRC | X155CrVMo12-1 | 1.2379 | 60-63 HRC |
| 1.9 | Gehärtete Stähle > 63 - 66 HRC | X210CrW12 | 1.2436 | 63-64 HRC |
| 1.10 | Rostbeständige Stähle, Säurebeständige Stähle, Hitzebeständige Stähle ≤ 850 N/mm² | X10NiCrAlTi32-20 [INCOLOY800]<br>X12CrNiTi18-9<br>X6CrNiMoTi17-12-2 | 1.4876<br>1.4878<br>1.4571 | 610-850 N/mm²<br>500-700 N/mm²<br>500-730 N/mm² |
| 1.11 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle ≤ 1100 N/mm² | X45SiCr4 | 1.4704 | 900-1100 N/mm² |
| 1.12 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle ≤ 1400 N/mm² | X5NiCrTi26-15 | 1.4980 | 1200 N/mm² |
| 1.13 | Stahl-Sonderwerkstoffe | FerroTiC<br>Hardox500 | | 800-900 N/mm²<br>1300-1400 N/mm² |
| **2** | **Gusswerkstoffe** | | | |
| 2.1 | Gusseisen | GG 20<br>GG 30 | 0.6020<br>0.6030 | 120-220 HB<br>220-270 HB |
| 2.2 | Gusseisen mit Kugelgraphit | GGG 40<br>GGG 70 | 0.7040<br>0.7070 | 400 N/mm²<br>700-1050 N/mm² |
| 2.3 | Gusseisen mit Vermikulargraphit | GGV(80%Perlit)<br>GGV(100%Perlit) | | 220 HB<br>230 HB |
| 2.4 | Temperguss | GTW 40<br>GTS 65 | 0.8040<br>0.8165 | 360-420 N/mm²<br>580-650 N/mm² |
| 2.5 | Hartguss ≤ 400 HB | | | -400 HB |
| **3** | **Kupfer, Kupferlegierungen, Bronze, Messing** | | | |
| 3.1 | Reinkupfer und niedrigleg. Kupfer ≤ 500 N/mm² | E-Cu | 2.0060 | 250-350 N/mm² |
| 3.2 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) | CuZn40 [Ms60]<br>CuZn37 [Ms63] | 2.0360<br>2.0321 | 340-490 N/mm²<br>310-550 N/mm² |
| 3.3 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) | CuZn39Pb2 [Ms58] | 2.0380 | 380-500 N/mm² |
| 3.4 | Kupfer-Alu-Legierungen (Alubronze langspanend)<br>Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze langspanend) | CuAl10Ni | 2.0966 | 500-800 N/mm² |
| 3.5 | Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze kurzspanend) | GCuSn5ZnPb [Rg5]<br>GCuSn7ZnPb [Rg7] | 2.1096<br>2.1090 | 150-300 N/mm²<br>150-300 N/mm² |
| 3.6 | Kupfer-Sonderlegierungen bis Q18 | Ampco16 | | 630 N/mm² |
| 3.7 | Kupfer-Sonderlegierungen über Q18 | Ampco20 | | 600 N/mm² |
| **4** | **Nickel-/Kobalt-Legierungen** | | | |
| 4.1 | Nickel-/Kobalt-Leg. warmfest ≤ 850 N/mm² | NiCu30Fe [MONEL400] | 2.4360 | 420-610 N/mm² |
| 4.2 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest 850-1400 N/mm² | NiCr19NbMo [INCONEL718] | 2.4668 | 850-1190 N/mm² |
| 4.3 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest >1400 N/mm² | Haynes 25 (L605) | | 1550-2000 N/mm² |
| **5** | **Aluminiumlegierungen** | | | |
| 5.1 | Alu-Knetlegierungen | Al 99,5 [F13]<br>AlCuMg1 [F39] | 3.0255<br>3.1325 | 100-250 N/mm²<br>300-500 N/mm² |
| 5.2 | Alu-Gusslegierungen Si ≤ 5% | G-AlMg3 | 3.3541 | 130-190 N/mm² |
| 5.3 | Alu-Gusslegierungen 5% < Si ≤ 12% | GD-AlSi9Cu3<br>GD-AlSi12 | 3.2163<br>3.2582 | 240-310 N/mm²<br>220-300 N/mm² |
| 5.4 | Alu-Gusslegierungen 12% < Si | G-AlSi17Cu4 | | 180-250 N/mm² |
| **6** | **Magnesiumlegierungen** | | | |
| 6.1 | Magnesium-Knetlegierungen | MgAl6 | 3.5662 | 300-500 N/mm² |
| 6.2 | Magnesium-Gusslegierungen | GMgAl9Zn1 | 3.5912 | 300-500 N/mm² |
| **7** | **Titan, Titanlegierungen** | | | |
| 7.1 | Reintitan, Titanlegierungen ≤ 900 N/mm² | Ti3 [Ti99.4]<br>TiAl6V4 | 3.7055<br>3.7164 | 700 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 7.2 | Titanlegierungen 900-1250 N/mm² | TiAl4Mo4Sn2 | 3.7185 | 900-1250 N/mm² |
| **8** | **Kunststoffe** | | | |
| 8.1 | Duroplaste (kurzspanend) | BAKELIT | | 110 N/mm² |
| 8.2 | Thermoplaste (langspanend) | HOSTALEN | | 80 N/mm² |
| 8.3 | Faserverstärkte Kunststoffe | CFK / GFK / AFK | | 800-1500 N/mm² |
| **9** | **Werkstoffe für bes. Anwendungen** | | | |
| 9.1 | Graphit | C-8000 | | 60 N/mm² |
| 9.2 | Wolfram-Kupfer-Legierungen | W-Cu 80/20 | | 230-250 HV |



| Schnittgeschwindigkeit $v_c$ [m/min] | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0° Spanwinkel | | | | | 20° Spanwinkel | |
| PC1 | PE1 | KA1 | KC1 | Cermet | KA1 | KC1 |
| | | | | | | |
| 180 | 200 | 200 | – | – | – | – |
| 180 | 200 | 200 | – | – | – | – |
| 180 | 200 | 200 | – | – | – | – |
| – | – | 180 | – | 300 | – | – |
| – | – | 120 | 120 | 280 | – | – |
| – | – | 100 | 100 | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | 200 | – | – |
| – | – | – | – | 200 | – | – |
| – | – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | 200 | – | – |
| – | – | – | – | 200 | – | – |
| – | – | – | – | – | – | – |
| | | | | | | |
| – | – | 160 | 180 | – | – | – |
| – | – | 140 | 160 | – | – | – |
| – | – | 140 | 160 | – | – | – |
| – | – | 160 | 180 | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – | – |
| | | | | | | |
| – | – | – | – | – | 270 | 270 |
| – | – | – | – | – | 200 | 200 |
| – | – | – | – | – | 200 | 200 |
| – | – | – | – | – | 160 | 160 |
| – | – | – | – | – | 200 | 200 |
| – | – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – | – |
| | | | | | | |
| – | – | – | – | – | 300 | – |
| – | – | – | – | – | 300 | – |
| – | – | – | – | – | – | – |
| | | | | | | |
| – | – | – | – | – | 300 | 300 |
| – | – | – | – | – | 300 | 300 |
| – | – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – | – |
| | | | | | | |
| – | – | – | – | – | 200 | 200 |
| – | – | – | – | – | 180 | 180 |
| | | | | | | |
| – | – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – | – |
| | | | | | | |
| – | – | – | – | – | 120 | 120 |
| – | – | – | – | – | 120 | 120 |
| – | – | – | – | – | 100 | 100 |
| | | | | | | |
| – | – | – | – | – | 150 | 150 |
| – | – | – | – | – | 120 | 120 |





## 18.7.6 Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit für Fräser mit runden, beschichteten Wendeschneidplatten

Richtwerte für den Vorschub pro Zahn siehe **Kapitel 18.8.6**.

| Hauptgruppe / Untergruppe | | | Beispiel | Nr. | Zugfestigkeit Rm [N/mm²] Härte [HB/HRC/HV] |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | **Stahlwerkstoffe** | | | | |
| 1.1 | Kaltfließpressstähle, Magnetweicheisen | ≤ 400 N/mm² | Q-St37-3<br>R-Fe80 | 1.0123<br>1.1014 | |
| 1.2 | Automatenstähle, Allgemeine Baustähle | ≤ 600 N/mm² | 9SMnPb28<br>St37-2 | 1.0718<br>1.0037 | 500-700 N/mm²<br>340-470 N/mm² |
| 1.3 | Automatenstähle, Baustähle, Legierte Stähle, Stahlguss | ≤ 850 N/mm² | St70-2<br>GS-25CrMo4 | 1.0070<br>1.7218 | 700-900 N/mm²<br>650-950 N/mm² |
| 1.4 | Einsatzstähle, Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Kaltarbeitsstähle | ≤ 1100 N/mm² | 16MnCr5<br>Ck45<br>100Cr6 | 1.7131<br>1.1191<br>1.3505 | 500-700 N/mm²<br>600-800 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 1.5 | Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Warmarbeitsstähl, Gehärtete Stähle ≤ 44 HRC Kaltarbeitsstähle, | ≤ 1400 N/mm² | 42CrMo4V<br>X30WCrV5-3<br>X38CrMoV5-3<br>X155CrVMo12-1 | 1.7225<br>1.2567<br>1.2367<br>1.2379 | 1200-1400 N/mm²<br>1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm² |
| 1.6 | Gehärtete Stähle | > 44 - 55 HRC | 55NiCrMoV6 | 1.2713 | 47-52 HRC |
| 1.7 | Gehärtete Stähle | > 55 - 60 HRC | 45WCrV7 | 1.2542 | 56-57 HRC |
| 1.8 | Gehärtete Stähle | > 60 - 63 HRC | X155CrVMo12-1 | 1.2379 | 60-63 HRC |
| 1.9 | Gehärtete Stähle | > 63 - 66 HRC | X210CrW12 | 1.2436 | 63-64 HRC |
| 1.10 | Rostbeständige Stähle, Säurebeständige Stähle, Hitzebeständige Stähle | ≤ 850 N/mm² | X10NiCrAlTi32-20 [INCOLOY800]<br>X12CrNiTi18-9<br>X6CrNiMoTi17-12-2 | 1.4876<br>1.4878<br>1.4571 | 610-850 N/mm²<br>500-700 N/mm²<br>500-730 N/mm² |
| 1.11 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1100 N/mm² | X45SiCr4 | 1.4704 | 900-1100 N/mm² |
| 1.12 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1400 N/mm² | X5NiCrTi26-15 | 1.4980 | 1200 N/mm² |
| 1.13 | Stahl-Sonderwerkstoffe | | FerroTiC<br>Hardox500 | | 800-900 N/mm²<br>1300-1400 N/mm² |
| **2** | **Gusswerkstoffe** | | | | |
| 2.1 | Gusseisen | | GG 20<br>GG 30 | 0.6020<br>0.6030 | 120-220 HB<br>220-270 HB |
| 2.2 | Gusseisen mit Kugelgraphit | | GGG 40<br>GGG 70 | 0.7040<br>0.7070 | 400 N/mm²<br>700-1050 N/mm² |
| 2.3 | Gusseisen mit Vermikulargraphit | | GGV(80%Perlit)<br>GGV(100%Perlit) | | 220 HB<br>230 HB |
| 2.4 | Temperguss | | GTW 40<br>GTS 65 | 0.8040<br>0.8165 | 360-420 N/mm²<br>580-650 N/mm² |
| 2.5 | Hartguss | ≤ 400 HB | | | -400 HB |
| **3** | **Kupfer, Kupferlegierungen, Bronze, Messing** | | | | |
| 3.1 | Reinkupfer und niedrigleg. Kupfer | ≤ 500 N/mm² | E-Cu | 2.0060 | 250-350 N/mm² |
| 3.2 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) | | CuZn40 [Ms60]<br>CuZn37 [Ms63] | 2.0360<br>2.0321 | 340-490 N/mm²<br>310-550 N/mm² |
| 3.3 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) | | CuZn39Pb2 [Ms58] | 2.0380 | 380-500 N/mm² |
| 3.4 | Kupfer-Alu-Legierungen (Alubronze langspanend)<br>Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze langspanend) | | CuAl10Ni | 2.0966 | 500-800 N/mm² |
| 3.5 | Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze kurzspanend) | | GCuSn5ZnPb [Rg5]<br>GCuSn7ZnPb [Rg7] | 2.1096<br>2.1090 | 150-300 N/mm²<br>150-300 N/mm² |
| 3.6 | Kupfer-Sonderlegierungen bis Q18 | | Ampco16 | | 630 N/mm² |
| 3.7 | Kupfer-Sonderlegierungen über Q18 | | Ampco20 | | 600 N/mm² |
| **4** | **Nickel-/Kobalt-Legierungen** | | | | |
| 4.1 | Nickel-/Kobalt-Leg. warmfest | ≤ 850 N/mm² | NiCu30Fe [MONEL400] | 2.4360 | 420-610 N/mm² |
| 4.2 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest | 850-1400 N/mm² | NiCr19NbMo [INCONEL718] | 2.4668 | 850-1190 N/mm² |
| 4.3 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest | >1400 N/mm² | Haynes 25 (L605) | | 1550-2000 N/mm² |
| **5** | **Aluminiumlegierungen** | | | | |
| 5.1 | Alu-Knetlegierungen | | Al 99,5 [F13]<br>AlCuMg1 [F39] | 3.0255<br>3.1325 | 100-250 N/mm²<br>300-500 N/mm² |
| 5.2 | Alu-Gusslegierungen Si ≤ 5% | | G-AlMg3 | 3.3541 | 130-190 N/mm² |
| 5.3 | Alu-Gusslegierungen 5% < Si ≤ 12% | | GD-AlSi9Cu3<br>GD-AlSi12 | 3.2163<br>3.2582 | 240-310 N/mm²<br>220-300 N/mm² |
| 5.4 | Alu-Gusslegierungen 12% < Si | | G-AlSi17Cu4 | | 180-250 N/mm² |
| **6** | **Magnesiumlegierungen** | | | | |
| 6.1 | Magnesium-Knetlegierungen | | MgAl6 | 3.5662 | 300-500 N/mm² |
| 6.2 | Magnesium-Gusslegierungen | | GMgAl9Zn1 | 3.5912 | 300-500 N/mm² |
| **7** | **Titan, Titanlegierungen** | | | | |
| 7.1 | Reintitan, Titanlegierungen | ≤ 900 N/mm² | Ti3 [Ti99.4]<br>TiAl6V4 | 3.7055<br>3.7164 | 700 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 7.2 | Titanlegierungen | 900-1250 N/mm² | TiAl4Mo4Sn2 | 3.7185 | 900-1250 N/mm² |
| **8** | **Kunststoffe** | | | | |
| 8.1 | Duroplaste (kurzspanend) | | BAKELIT | | 110 N/mm² |
| 8.2 | Thermoplaste (langspanend) | | HOSTALEN | | 80 N/mm² |
| 8.3 | Faserverstärkte Kunststoffe | | CFK / GFK / AFK | | 800-1500 N/mm² |
| **9** | **Werkstoffe für bes. Anwendungen** | | | | |
| 9.1 | Graphit | | C-8000 | | 60 N/mm² |
| 9.2 | Wolfram-Kupfer-Legierungen | | W-Cu 80/20 | | 230-250 HV |



| Schnittgeschwindigkeit $v_c$ [m/min] | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TiN | | TiAlN | | | | | $TiB_2$ | | Diamant-D33 | Diamant-D34 |
| 0° Spanwinkel | | | | | 20° Spanwinkel | | | | | |
| PE1 | KC1 | PC1 | KA1 | KC1 | KA1 | KC1 | KA1 | KC1 | KA1 | KC1 |
| | | | | | | | | | | |
| 220 | 250 | 300 | 300 | 300 | – | – | – | – | – | – |
| 220 | 250 | 180 | 300 | 300 | – | – | – | – | – | – |
| 220 | 250 | 200 | 280 | 280 | – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | 220 | 220 | – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | 220 | 220 | – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | 160 | 160 | – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | 120 | 120 | – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | 100 | 100 | – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | 80 | 80 | – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | 140 | 140 | – | – | – | – |
| – | – | – | 240 | 240 | – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | 220 | 220 | – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | | | | | | | | | | |
| 220 | 220 | 160 | 180 | 250 | – | – | – | – | – | – |
| – | – | 140 | 160 | 220 | – | – | – | – | – | – |
| – | – | 140 | 160 | 160 | – | – | – | – | – | – |
| 220 | 220 | 160 | 180 | 220 | – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | | | | | | | | | | |
| – | – | – | – | – | 380 | 380 | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | 300 | 300 | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | 250 | 250 | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | 280 | 280 | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | 350 | 350 | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | 100 | 120 | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | 100 | 120 | – | – | – | – |
| | | | | | | | | | | |
| – | – | – | – | – | 100 | 100 | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | 100 | 100 | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | | | | | | | | | | |
| – | – | – | – | – | 450 | 450 | 550 | 550 | – | – |
| – | – | – | – | – | 400 | 400 | 500 | 500 | – | – |
| – | – | – | – | – | 250 | 250 | – | – | – | 400 |
| – | – | – | – | – | 200 | 200 | – | – | – | 300 |
| | | | | | | | | | | |
| – | – | – | – | – | 280 | 280 | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | 250 | 250 | – | – | – | – |
| | | | | | | | | | | |
| – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | | | | | | | | | | |
| – | – | – | – | – | 120 | 120 | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | 120 | 120 | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | 120 | 120 | – | – | – | – |
| | | | | | | | | | | |
| – | – | – | – | – | 180 | 180 | – | – | 250 | – |
| – | – | – | – | – | 150 | 150 | – | – | – | – |





## 18.7.7 Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit für Fräser mit rhombischen, unbeschichteten Wendeschneidplatten

Richtwerte für den Vorschub pro Zahn siehe **Kapitel 18.8.6**.

| Hauptgruppe / Untergruppe | | | Beispiel | Nr. | Zugfestigkeit Rm [N/mm²] Härte [HB/HRC/HV] |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | **Stahlwerkstoffe** | | | | |
| 1.1 | Kaltfließpressstähle, Magnetweicheisen | ≤ 400 N/mm² | Q-St37-3<br>R-Fe80 | 1.0123<br>1.1014 | |
| 1.2 | Automatenstähle, Allgemeine Baustähle | ≤ 600 N/mm² | 9SMnPb28<br>St37-2 | 1.0718<br>1.0037 | 500-700 N/mm²<br>340-470 N/mm² |
| 1.3 | Automatenstähle, Baustähle, Legierte Stähle, Stahlguss | ≤ 850 N/mm² | St70-2<br>GS-25CrMo4 | 1.0070<br>1.7218 | 700-900 N/mm²<br>650-950 N/mm² |
| 1.4 | Einsatzstähle, Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Kaltarbeitsstähle | ≤ 1100 N/mm² | 16MnCr5<br>Ck45<br>100Cr6 | 1.7131<br>1.1191<br>1.3505 | 500-700 N/mm²<br>600-800 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 1.5 | Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Warmarbeitsstähl, Gehärtete Stähle ≤ 44 HRC Kaltarbeitsstähle, | ≤ 1400 N/mm² | 42CrMo4V<br>X30WCrV5-3<br>X38CrMoV5-3<br>X155CrVMo12-1 | 1.7225<br>1.2567<br>1.2367<br>1.2379 | 1200-1400 N/mm²<br>1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm² |
| 1.6 | Gehärtete Stähle | > 44 - 55 HRC | 55NiCrMoV6 | 1.2713 | 47-52 HRC |
| 1.7 | Gehärtete Stähle | > 55 - 60 HRC | 45WCrV7 | 1.2542 | 56-57 HRC |
| 1.8 | Gehärtete Stähle | > 60 - 63 HRC | X155CrVMo12-1 | 1.2379 | 60-63 HRC |
| 1.9 | Gehärtete Stähle | > 63 - 66 HRC | X210CrW12 | 1.2436 | 63-64 HRC |
| 1.10 | Rostbeständige Stähle, Säurebeständige Stähle, Hitzebeständige Stähle | ≤ 850 N/mm² | X10NiCrAlTi32-20 [INCOLOY800]<br>X12CrNiTi18-9<br>X6CrNiMoTi17-12-2 | 1.4876<br>1.4878<br>1.4571 | 610-850 N/mm²<br>500-700 N/mm²<br>500-730 N/mm² |
| 1.11 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1100 N/mm² | X45SiCr4 | 1.4704 | 900-1100 N/mm² |
| 1.12 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1400 N/mm² | X5NiCrTi26-15 | 1.4980 | 1200 N/mm² |
| 1.13 | Stahl-Sonderwerkstoffe | | FerroTiC<br>Hardox500 | | 800-900 N/mm²<br>1300-1400 N/mm² |
| **2** | **Gusswerkstoffe** | | | | |
| 2.1 | Gusseisen | | GG 20<br>GG 30 | 0.6020<br>0.6030 | 120-220 HB<br>220-270 HB |
| 2.2 | Gusseisen mit Kugelgraphit | | GGG 40<br>GGG 70 | 0.7040<br>0.7070 | 400 N/mm²<br>700-1050 N/mm² |
| 2.3 | Gusseisen mit Vermikulargraphit | | GGV(80%Perlit)<br>GGV(100%Perlit) | | 220 HB<br>230 HB |
| 2.4 | Temperguss | | GTW 40<br>GTS 65 | 0.8040<br>0.8165 | 360-420 N/mm²<br>580-650 N/mm² |
| 2.5 | Hartguss | ≤ 400 HB | | | -400 HB |
| **3** | **Kupfer, Kupferlegierungen, Bronze, Messing** | | | | |
| 3.1 | Reinkupfer und niedrigleg. Kupfer | ≤ 500 N/mm² | E-Cu | 2.0060 | 250-350 N/mm² |
| 3.2 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) | | CuZn40 [Ms60]<br>CuZn37 [Ms63] | 2.0360<br>2.0321 | 340-490 N/mm²<br>310-550 N/mm² |
| 3.3 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) | | CuZn39Pb2 [Ms58] | 2.0380 | 380-500 N/mm² |
| 3.4 | Kupfer-Alu-Legierungen (Alubronze langspanend)<br>Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze langspanend) | | CuAl10Ni | 2.0966 | 500-800 N/mm² |
| 3.5 | Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze kurzspanend) | | GCuSn5ZnPb [Rg5]<br>GCuSn7ZnPb [Rg7] | 2.1096<br>2.1090 | 150-300 N/mm²<br>150-300 N/mm² |
| 3.6 | Kupfer-Sonderlegierungen bis Q18 | | Ampco16 | | 630 N/mm² |
| 3.7 | Kupfer-Sonderlegierungen über Q18 | | Ampco20 | | 600 N/mm² |
| **4** | **Nickel-/Kobalt-Legierungen** | | | | |
| 4.1 | Nickel-/Kobalt-Leg. warmfest | ≤ 850 N/mm² | NiCu30Fe [MONEL400] | 2.4360 | 420-610 N/mm² |
| 4.2 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest | 850-1400 N/mm² | NiCr19NbMo [INCONEL718] | 2.4668 | 850-1190 N/mm² |
| 4.3 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest | >1400 N/mm² | Haynes 25 (L605) | | 1550-2000 N/mm² |
| **5** | **Aluminiumlegierungen** | | | | |
| 5.1 | Alu-Knetlegierungen | | Al 99,5 [F13]<br>AlCuMg1 [F39] | 3.0255<br>3.1325 | 100-250 N/mm²<br>300-500 N/mm² |
| 5.2 | Alu-Gusslegierungen Si ≤ 5% | | G-AlMg3 | 3.3541 | 130-190 N/mm² |
| 5.3 | Alu-Gusslegierungen 5% < Si ≤ 12% | | GD-AlSi9Cu3<br>GD-AlSi12 | 3.2163<br>3.2582 | 240-310 N/mm²<br>220-300 N/mm² |
| 5.4 | Alu-Gusslegierungen 12% < Si | | G-AlSi17Cu4 | | 180-250 N/mm² |
| **6** | **Magnesiumlegierungen** | | | | |
| 6.1 | Magnesium-Knetlegierungen | | MgAl6 | 3.5662 | 300-500 N/mm² |
| 6.2 | Magnesium-Gusslegierungen | | GMgAl9Zn1 | 3.5912 | 300-500 N/mm² |
| **7** | **Titan, Titanlegierungen** | | | | |
| 7.1 | Reintitan, Titanlegierungen | ≤ 900 N/mm² | Ti3 [Ti99.4]<br>TiAl6V4 | 3.7055<br>3.7164 | 700 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 7.2 | Titanlegierungen | 900-1250 N/mm² | TiAl4Mo4Sn2 | 3.7185 | 900-1250 N/mm² |
| **8** | **Kunststoffe** | | | | |
| 8.1 | Duroplaste (kurzspanend) | | BAKELIT | | 110 N/mm² |
| 8.2 | Thermoplaste (langspanend) | | HOSTALEN | | 80 N/mm² |
| 8.3 | Faserverstärkte Kunststoffe | | CFK / GFK / AFK | | 800-1500 N/mm² |
| **9** | **Werkstoffe für bes. Anwendungen** | | | | |
| 9.1 | Graphit | | C-8000 | | 60 N/mm² |
| 9.2 | Wolfram-Kupfer-Legierungen | | W-Cu 80/20 | | 230-250 HV |



| Schnittgeschwindigkeit $v_c$ [m/min] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| IC 4,6 mm | | | IC 9,2 mm | | |
| 0° Spanwinkel | | 20° Spanwinkel | 0° Spanwinkel | | 20° Spanwinkel |
| PE2 | KC2 | KC2 | PE2 | KC2 | KC2 |
| | | | | | |
| 120 | 140 | – | 160 | 200 | – |
| 110 | 120 | – | 110 | 120 | – |
| 100 | 100 | – | 100 | 100 | – |
| – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – |
| | | | | | |
| – | 180 | – | – | 180 | – |
| – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – |
| | | | | | |
| – | – | 240 | – | – | 250 |
| – | – | 170 | – | – | 180 |
| – | – | 140 | – | – | 150 |
| – | – | 120 | – | – | 130 |
| – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – |
| | | | | | |
| – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – |
| | | | | | |
| – | – | 280 | – | – | 320 |
| – | – | 320 | – | – | 350 |
| – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – |
| | | | | | |
| – | – | – | – | – | 200 |
| – | – | – | – | – | 180 |
| | | | | | |
| – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – |
| | | | | | |
| – | – | 120 | – | – | 120 |
| – | – | 120 | – | – | 120 |
| – | – | 100 | – | – | 100 |
| | | | | | |
| – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – |





## 18.7.8 Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit für Fräser mit rhombischen, beschichteten Wendeschneidplatten

Richtwerte für den Vorschub pro Zahn siehe **Kapitel 18.8.6**.

| Hauptgruppe / Untergruppe | | Beispiel | Nr. | Zugfestigkeit Rm [N/mm²] Härte [HB/HRC/HV] |
|---|---|---|---|---|
| **1** | **Stahlwerkstoffe** | | | |
| 1.1 | Kaltfließpressstähle, Magnetweicheisen ≤ 400 N/mm² | Q-St37-3<br>R-Fe80 | 1.0123<br>1.1014 | |
| 1.2 | Automatenstähle, Allgemeine Baustähle ≤ 600 N/mm² | 9SMnPb28<br>St37-2 | 1.0718<br>1.0037 | 500-700 N/mm²<br>340-470 N/mm² |
| 1.3 | Automatenstähle, Baustähle, Legierte Stähle, Stahlguss ≤ 850 N/mm² | St70-2<br>GS-25CrMo4 | 1.0070<br>1.7218 | 700-900 N/mm²<br>650-950 N/mm² |
| 1.4 | Einsatzstähle, Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Kaltarbeitsstähle ≤ 1100 N/mm² | 16MnCr5<br>Ck45<br>100Cr6 | 1.7131<br>1.1191<br>1.3505 | 500-700 N/mm²<br>600-800 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 1.5 | Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Warmarbeitsstähl, Gehärtete Stähle ≤ 44 HRC Kaltarbeitsstähle, ≤ 1400 N/mm² | 42CrMo4V<br>X30WCrV5-3<br>X38CrMoV5-3<br>X155CrVMo12-1 | 1.7225<br>1.2567<br>1.2367<br>1.2379 | 1200-1400 N/mm²<br>1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm² |
| 1.6 | Gehärtete Stähle > 44 - 55 HRC | 55NiCrMoV6 | 1.2713 | 47-52 HRC |
| 1.7 | Gehärtete Stähle > 55 - 60 HRC | 45WCrV7 | 1.2542 | 56-57 HRC |
| 1.8 | Gehärtete Stähle > 60 - 63 HRC | X155CrVMo12-1 | 1.2379 | 60-63 HRC |
| 1.9 | Gehärtete Stähle > 63 - 66 HRC | X210CrW12 | 1.2436 | 63-64 HRC |
| 1.10 | Rostbeständige Stähle, Säurebeständige Stähle, Hitzebeständige Stähle ≤ 850 N/mm² | X10NiCrAlTi32-20 [INCOLOY800]<br>X12CrNiTi18-9<br>X6CrNiMoTi17-12-2 | 1.4876<br>1.4878<br>1.4571 | 610-850 N/mm²<br>500-700 N/mm²<br>500-730 N/mm² |
| 1.11 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle ≤ 1100 N/mm² | X45SiCr4 | 1.4704 | 900-1100 N/mm² |
| 1.12 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle ≤ 1400 N/mm² | X5NiCrTi26-15 | 1.4980 | 1200 N/mm² |
| 1.13 | Stahl-Sonderwerkstoffe | FerroTiC<br>Hardox500 | | 800-900 N/mm²<br>1300-1400 N/mm² |
| **2** | **Gusswerkstoffe** | | | |
| 2.1 | Gusseisen | GG 20<br>GG 30 | 0.6020<br>0.6030 | 120-220 HB<br>220-270 HB |
| 2.2 | Gusseisen mit Kugelgraphit | GGG 40<br>GGG 70 | 0.7040<br>0.7070 | 400 N/mm²<br>700-1050 N/mm² |
| 2.3 | Gusseisen mit Vermikulargraphit | GGV(80%Perlit)<br>GGV(100%Perlit) | | 220 HB<br>230 HB |
| 2.4 | Temperguss | GTW 40<br>GTS 65 | 0.8040<br>0.8165 | 360-420 N/mm²<br>580-650 N/mm² |
| 2.5 | Hartguss ≤ 400 HB | | | -400 HB |
| **3** | **Kupfer, Kupferlegierungen, Bronze, Messing** | | | |
| 3.1 | Reinkupfer und niedrigleg. Kupfer ≤ 500 N/mm² | E-Cu | 2.0060 | 250-350 N/mm² |
| 3.2 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) | CuZn40 [Ms60]<br>CuZn37 [Ms63] | 2.0360<br>2.0321 | 340-490 N/mm²<br>310-550 N/mm² |
| 3.3 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) | CuZn39Pb2 [Ms58] | 2.0380 | 380-500 N/mm² |
| 3.4 | Kupfer-Alu-Legierungen (Alubronze langspanend)<br>Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze langspanend) | CuAl10Ni | 2.0966 | 500-800 N/mm² |
| 3.5 | Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze kurzspanend) | GCuSn5ZnPb [Rg5]<br>GCuSn7ZnPb [Rg7] | 2.1096<br>2.1090 | 150-300 N/mm²<br>150-300 N/mm² |
| 3.6 | Kupfer-Sonderlegierungen bis Q18 | Ampco16 | | 630 N/mm² |
| 3.7 | Kupfer-Sonderlegierungen über Q18 | Ampco20 | | 600 N/mm² |
| **4** | **Nickel-/Kobalt-Legierungen** | | | |
| 4.1 | Nickel-/Kobalt-Leg. warmfest ≤ 850 N/mm² | NiCu30Fe [MONEL400] | 2.4360 | 420-610 N/mm² |
| 4.2 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest 850-1400 N/mm² | NiCr19NbMo [INCONEL718] | 2.4668 | 850-1190 N/mm² |
| 4.3 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest >1400 N/mm² | Haynes 25 (L605) | | 1550-2000 N/mm² |
| **5** | **Aluminiumlegierungen** | | | |
| 5.1 | Alu-Knetlegierungen | Al 99,5 [F13]<br>AlCuMg1 [F39] | 3.0255<br>3.1325 | 100-250 N/mm²<br>300-500 N/mm² |
| 5.2 | Alu-Gusslegierungen Si ≤ 5% | G-AlMg3 | 3.3541 | 130-190 N/mm² |
| 5.3 | Alu-Gusslegierungen 5% < Si ≤ 12% | GD-AlSi9Cu3<br>GD-AlSi12 | 3.2163<br>3.2582 | 240-310 N/mm²<br>220-300 N/mm² |
| 5.4 | Alu-Gusslegierungen 12% < Si | G-AlSi17Cu4 | | 180-250 N/mm² |
| **6** | **Magnesiumlegierungen** | | | |
| 6.1 | Magnesium-Knetlegierungen | MgAl6 | 3.5662 | 300-500 N/mm² |
| 6.2 | Magnesium-Gusslegierungen | GMgAl9Zn1 | 3.5912 | 300-500 N/mm² |
| **7** | **Titan, Titanlegierungen** | | | |
| 7.1 | Reintitan, Titanlegierungen ≤ 900 N/mm² | Ti3 [Ti99.4]<br>TiAl6V4 | 3.7055<br>3.7164 | 700 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 7.2 | Titanlegierungen 900-1250 N/mm² | TiAl4Mo4Sn2 | 3.7185 | 900-1250 N/mm² |
| **8** | **Kunststoffe** | | | |
| 8.1 | Duroplaste (kurzspanend) | BAKELIT | | 110 N/mm² |
| 8.2 | Thermoplaste (langspanend) | HOSTALEN | | 80 N/mm² |
| 8.3 | Faserverstärkte Kunststoffe | CFK / GFK / AFK | | 800-1500 N/mm² |
| **9** | **Werkstoffe für bes. Anwendungen** | | | |
| 9.1 | Graphit | C-8000 | | 60 N/mm² |
| 9.2 | Wolfram-Kupfer-Legierungen | W-Cu 80/20 | | 230-250 HV |



| Schnittgeschwindigkeit $v_c$ [m/min] | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TiAlN | | | | TiB$_2$ | | | | Diamant-D33 | Diamant-D34 |
| IC 4,6 mm | | IC 9,2 mm | | IC 4,6 mm | | IC 9,2 mm | | IC 4,6 mm | IC 9,2 mm |
| 0° Spanwinkel | | | | 20° Spanwinkel | | | | | |
| PE2 | KC2 | PE2 | KC2 | KC2 | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| 240 | 260 | 250 | 270 | – | – | – | – | – | – |
| 220 | 240 | 220 | 250 | – | – | – | – | – | – |
| – | 180 | – | 200 | – | – | – | – | – | – |
| – | 160 | 160 | 180 | – | – | – | – | – | – |
| 120 | 130 | 140 | 160 | – | – | – | – | – | – |
| – | 140 | – | 160 | 140 | 160 | – | – | – | – |
| – | – | – | 90 | 90 | 100 | – | – | – | – |
| – | – | – | 80 | – | 80 | – | – | – | – |
| – | – | – | 80 | – | 60 | – | – | – | – |
| – | – | – | 140 | – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | 80 | – | – | – | – | – | – |
| | | | | | | | | | |
| – | – | – | 240 | 200 | – | – | – | – | – |
| – | – | – | 220 | 180 | – | – | – | – | – |
| – | – | – | 160 | 140 | – | – | – | – | – |
| – | – | – | 220 | 180 | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | | | | | | | | | |
| – | – | – | – | 350 | 300 | – | – | – | – |
| – | – | – | – | 300 | 300 | – | – | – | – |
| – | – | – | – | 220 | 220 | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | 100 | 100 | – | – | – | – |
| – | – | – | – | 100 | 100 | – | – | – | – |
| | | | | | | | | | |
| – | – | – | – | – | 100 | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | 100 | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | | | | | | | | | |
| – | – | – | – | – | 350 | 400 | 450 | – | – |
| – | – | – | – | – | 380 | 350 | 400 | – | – |
| – | – | – | – | – | 250 | – | – | 300 | 350 |
| – | – | – | – | – | 120 | – | – | 200 | 300 |
| | | | | | | | | | |
| – | – | – | – | 250 | 250 | – | – | – | – |
| – | – | – | – | 230 | 230 | – | – | – | – |
| | | | | | | | | | |
| – | – | – | – | – | 90 | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | 90 | – | – | – | – |
| | | | | | | | | | |
| – | – | – | – | 120 | 120 | – | – | – | – |
| – | – | – | – | 120 | 120 | – | – | – | – |
| – | – | – | – | 100 | 120 | – | – | – | – |
| | | | | | | | | | |
| – | – | – | – | 160 | 160 | – | – | 200 | 250 |
| – | – | – | – | 140 | 140 | – | – | – | – |





## 18.7.9 Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit für Fräser mit Time-S-Cut-Wendeschneidplatten

Richtwerte für den Vorschub pro Zahn siehe **Kapitel 18.8.7**.

| Hauptgruppe / Untergruppe | | | Beispiel | Nr. | Zugfestigkeit Rm [N/mm²] Härte [HB/HRC/HV] |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | **Stahlwerkstoffe** | | | | |
| 1.1 | Kaltfließpressstähle, Magnetweicheisen | ≤ 400 N/mm² | Q-St37-3<br>R-Fe80 | 1.0123<br>1.1014 | |
| 1.2 | Automatenstähle, Allgemeine Baustähle | ≤ 600 N/mm² | 9SMnPb28<br>St37-2 | 1.0718<br>1.0037 | 500-700 N/mm²<br>340-470 N/mm² |
| 1.3 | Automatenstähle, Baustähle, Legierte Stähle, Stahlguss | ≤ 850 N/mm² | St70-2<br>GS-25CrMo4 | 1.0070<br>1.7218 | 700-900 N/mm²<br>650-950 N/mm² |
| 1.4 | Einsatzstähle, Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Kaltarbeitsstähle | ≤ 1100 N/mm² | 16MnCr5<br>Ck45<br>100Cr6 | 1.7131<br>1.1191<br>1.3505 | 500-700 N/mm²<br>600-800 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 1.5 | Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Warmarbeitsstähl, Gehärtete Stähle ≤ 44 HRC Kaltarbeitsstähle, | ≤ 1400 N/mm² | 42CrMo4V<br>X30WCrV5-3<br>X38CrMoV5-3<br>X155CrVMo12-1 | 1.7225<br>1.2567<br>1.2367<br>1.2379 | 1200-1400 N/mm²<br>1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm² |
| 1.6 | Gehärtete Stähle | > 44 - 55 HRC | 55NiCrMoV6 | 1.2713 | 47-52 HRC |
| 1.7 | Gehärtete Stähle | > 55 - 60 HRC | 45WCrV7 | 1.2542 | 56-57 HRC |
| 1.8 | Gehärtete Stähle | > 60 - 63 HRC | X155CrVMo12-1 | 1.2379 | 60-63 HRC |
| 1.9 | Gehärtete Stähle | > 63 - 66 HRC | X210CrW12 | 1.2436 | 63-64 HRC |
| 1.10 | Rostbeständige Stähle, Säurebeständige Stähle, Hitzebeständige Stähle | ≤ 850 N/mm² | X10NiCrAlTi32-20 [INCOLOY800]<br>X12CrNiTi18-9<br>X6CrNiMoTi17-12-2 | 1.4876<br>1.4878<br>1.4571 | 610-850 N/mm²<br>500-700 N/mm²<br>500-730 N/mm² |
| 1.11 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1100 N/mm² | X45SiCr4 | 1.4704 | 900-1100 N/mm² |
| 1.12 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1400 N/mm² | X5NiCrTi26-15 | 1.4980 | 1200 N/mm² |
| 1.13 | Stahl-Sonderwerkstoffe | | FerroTiC<br>Hardox500 | | 800-900 N/mm²<br>1300-1400 N/mm² |
| **2** | **Gusswerkstoffe** | | | | |
| 2.1 | Gusseisen | | GG 20<br>GG 30 | 0.6020<br>0.6030 | 120-220 HB<br>220-270 HB |
| 2.2 | Gusseisen mit Kugelgraphit | | GGG 40<br>GGG 70 | 0.7040<br>0.7070 | 400 N/mm²<br>700-1050 N/mm² |
| 2.3 | Gusseisen mit Vermikulargraphit | | GGV(80%Perlit)<br>GGV(100%Perlit) | | 220 HB<br>230 HB |
| 2.4 | Temperguss | | GTW 40<br>GTS 65 | 0.8040<br>0.8165 | 360-420 N/mm²<br>580-650 N/mm² |
| 2.5 | Hartguss | ≤ 400 HB | | | -400 HB |



| Schnittgeschwindigkeit $v_c$ [m/min] | |
|---|---|
| TiAlN | |
| IC 8 mm | IC 12 mm |
| 240 | 240 |
| 240 | 240 |
| 220 | 220 |
| 200 | 200 |
| 180 | 180 |
| – | – |
| – | – |
| – | – |
| – | – |
| – | – |
| – | – |
| – | – |
| – | – |
| 200 | 200 |
| 200 | 200 |
| – | – |
| – | – |
| – | – |





## 18.7.10 Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit für Schaft-, Kugel- und Torusfräser mit CBN- oder PKD-Schneiden

Richtwerte für den Vorschub pro Zahn siehe **Kapitel 18.8.8**.

| Hauptgruppe / Untergruppe | | | Beispiel | Nr. | Zugfestigkeit Rm [N/mm²] Härte [HB/HRC/HV] |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | **Stahlwerkstoffe** | | | | |
| 1.1 | Kaltfließpressstähle, Magnetweicheisen | ≤ 400 N/mm² | Q-St37-3<br>R-Fe80 | 1.0123<br>1.1014 | |
| 1.2 | Automatenstähle, Allgemeine Baustähle | ≤ 600 N/mm² | 9SMnPb28<br>St37-2 | 1.0718<br>1.0037 | 500-700 N/mm²<br>340-470 N/mm² |
| 1.3 | Automatenstähle, Baustähle, Legierte Stähle, Stahlguss | ≤ 850 N/mm² | St70-2<br>GS-25CrMo4 | 1.0070<br>1.7218 | 700-900 N/mm²<br>650-950 N/mm² |
| 1.4 | Einsatzstähle, Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Kaltarbeitsstähle | ≤ 1100 N/mm² | 16MnCr5<br>Ck45<br>100Cr6 | 1.7131<br>1.1191<br>1.3505 | 500-700 N/mm²<br>600-800 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 1.5 | Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Warmarbeitsstähl, Gehärtete Stähle ≤ 44 HRC Kaltarbeitsstähle, | ≤ 1400 N/mm² | 42CrMo4V<br>X30WCrV5-3<br>X38CrMoV5-3<br>X155CrVMo12-1 | 1.7225<br>1.2567<br>1.2367<br>1.2379 | 1200-1400 N/mm²<br>1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm² |
| 1.6 | Gehärtete Stähle | > 44 - 55 HRC | 55NiCrMoV6 | 1.2713 | 47-52 HRC |
| 1.7 | Gehärtete Stähle | > 55 - 60 HRC | 45WCrV7 | 1.2542 | 56-57 HRC |
| 1.8 | Gehärtete Stähle | > 60 - 63 HRC | X155CrVMo12-1 | 1.2379 | 60-63 HRC |
| 1.9 | Gehärtete Stähle | > 63 - 66 HRC | X210CrW12 | 1.2436 | 63-64 HRC |
| 1.10 | Rostbeständige Stähle, Säurebeständige Stähle, Hitzebeständige Stähle | ≤ 850 N/mm² | X10NiCrAlTi32-20 [INCOLOY800]<br>X12CrNiTi18-9<br>X6CrNiMoTi17-12-2 | 1.4876<br>1.4878<br>1.4571 | 610-850 N/mm²<br>500-700 N/mm²<br>500-730 N/mm² |
| 1.11 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1100 N/mm² | X45SiCr4 | 1.4704 | 900-1100 N/mm² |
| 1.12 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1400 N/mm² | X5NiCrTi26-15 | 1.4980 | 1200 N/mm² |
| 1.13 | Stahl-Sonderwerkstoffe | | FerroTiC<br>Hardox500 | | 800-900 N/mm²<br>1300-1400 N/mm² |
| **2** | **Gusswerkstoffe** | | | | |
| 2.1 | Gusseisen | | GG 20<br>GG 30 | 0.6020<br>0.6030 | 120-220 HB<br>220-270 HB |
| 2.2 | Gusseisen mit Kugelgraphit | | GGG 40<br>GGG 70 | 0.7040<br>0.7070 | 400 N/mm²<br>700-1050 N/mm² |
| 2.3 | Gusseisen mit Vermikulargraphit | | GGV(80%Perlit)<br>GGV(100%Perlit) | | 220 HB<br>230 HB |
| 2.4 | Temperguss | | GTW 40<br>GTS 65 | 0.8040<br>0.8165 | 360-420 N/mm²<br>580-650 N/mm² |
| 2.5 | Hartguss | ≤ 400 HB | | | -400 HB |
| **3** | **Kupfer, Kupferlegierungen, Bronze, Messing** | | | | |
| 3.1 | Reinkupfer und niedrigleg. Kupfer | ≤ 500 N/mm² | E-Cu | 2.0060 | 250-350 N/mm² |
| 3.2 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) | | CuZn40 [Ms60]<br>CuZn37 [Ms63] | 2.0360<br>2.0321 | 340-490 N/mm²<br>310-550 N/mm² |
| 3.3 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) | | CuZn39Pb2 [Ms58] | 2.0380 | 380-500 N/mm² |
| 3.4 | Kupfer-Alu-Legierungen (Alubronze langspanend) Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze langspanend) | | CuAl10Ni | 2.0966 | 500-800 N/mm² |
| 3.5 | Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze kurzspanend) | | GCuSn5ZnPb [Rg5]<br>GCuSn7ZnPb [Rg7] | 2.1096<br>2.1090 | 150-300 N/mm²<br>150-300 N/mm² |
| 3.6 | Kupfer-Sonderlegierungen bis Q18 | | Ampco16 | | 630 N/mm² |
| 3.7 | Kupfer-Sonderlegierungen über Q18 | | Ampco20 | | 600 N/mm² |
| **4** | **Nickel-/Kobalt-Legierungen** | | | | |
| 4.1 | Nickel-/Kobalt-Leg. warmfest | ≤ 850 N/mm² | NiCu30Fe [MONEL400] | 2.4360 | 420-610 N/mm² |
| 4.2 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest | 850-1400 N/mm² | NiCr19NbMo [INCONEL718] | 2.4668 | 850-1190 N/mm² |
| 4.3 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest | >1400 N/mm² | Haynes 25 (L605) | | 1550-2000 N/mm² |
| **5** | **Aluminiumlegierungen** | | | | |
| 5.1 | Alu-Knetlegierungen | | Al 99,5 [F13]<br>AlCuMg1 [F39] | 3.0255<br>3.1325 | 100-250 N/mm²<br>300-500 N/mm² |
| 5.2 | Alu-Gusslegierungen Si ≤ 5% | | G-AlMg3 | 3.3541 | 130-190 N/mm² |
| 5.3 | Alu-Gusslegierungen 5% < Si ≤ 12% | | GD-AlSi9Cu3<br>GD-AlSi12 | 3.2163<br>3.2582 | 240-310 N/mm²<br>220-300 N/mm² |
| 5.4 | Alu-Gusslegierungen 12% < Si | | G-AlSi17Cu4 | | 180-250 N/mm² |
| **6** | **Magnesiumlegierungen** | | | | |
| 6.1 | Magnesium-Knetlegierungen | | MgAl6 | 3.5662 | 300-500 N/mm² |
| 6.2 | Magnesium-Gusslegierungen | | GMgAl9Zn1 | 3.5912 | 300-500 N/mm² |
| **7** | **Titan, Titanlegierungen** | | | | |
| 7.1 | Reintitan, Titanlegierungen | ≤ 900 N/mm² | Ti3 [Ti99.4]<br>TiAl6V4 | 3.7055<br>3.7164 | 700 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 7.2 | Titanlegierungen | 900-1250 N/mm² | TiAl4Mo4Sn2 | 3.7185 | 900-1250 N/mm² |
| **8** | **Kunststoffe** | | | | |
| 8.1 | Duroplaste (kurzspanend) | | BAKELIT | | 110 N/mm² |
| 8.2 | Thermoplaste (langspanend) | | HOSTALEN | | 80 N/mm² |
| 8.3 | Faserverstärkte Kunststoffe | | CFK / GFK / AFK | | 800-1500 N/mm² |
| **9** | **Werkstoffe für bes. Anwendungen** | | | | |
| 9.1 | Graphit | | C-8000 | | 60 N/mm² |
| 9.2 | Wolfram-Kupfer-Legierungen | | W-Cu 80/20 | | 230-250 HV |



| Korrekturfaktor für Vorschubberechnung (x $f_z$) | Schnittgeschwindigkeit $v_c$ [m/min] | |
|---|---|---|
| | CBN | PKD |
| | | |
| – | – | – |
| – | – | – |
| – | – | – |
| – | – | – |
| – | – | – |
| – | – | – |
| 1,1 | 300 | – |
| 1,0 | 240 | – |
| 0,9 | 220 | – |
| – | – | – |
| – | – | – |
| – | – | – |
| – | – | – |
| | | |
| – | – | – |
| – | – | – |
| 1,0 | 650 | – |
| 0,8 | 500 | – |
| – | – | – |
| | | |
| – | – | – |
| – | – | – |
| – | – | – |
| – | – | – |
| – | – | – |
| – | – | – |
| – | – | – |
| | | |
| – | – | – |
| – | – | – |
| – | – | – |
| | | |
| – | – | – |
| – | – | – |
| 1,6 | – | 900 |
| 1,5 | – | 900 |
| | | |
| – | – | – |
| – | – | – |
| | | |
| – | – | – |
| – | – | – |
| | | |
| – | – | – |
| – | – | – |
| 1,0 | – | 450 |
| | | |
| 1,0 | – | 750 |
| – | – | – |

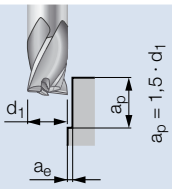
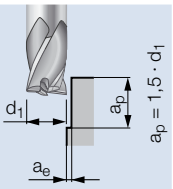
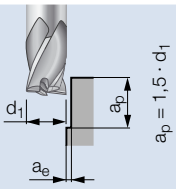
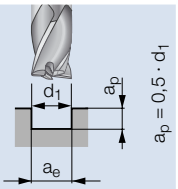
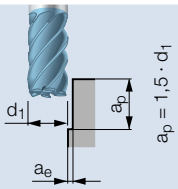
## 18.8 Richtwerte für den Vorschub pro Zahn

Die folgenden Richtwerte für den Vorschub pro Zahn sind als Empfehlung bei der Wahl der geeigneten Schnittparameter zu betrachten. Sie geben einen Anfangswert an und sollten dann im Prozess weiter optimiert werden. Sie sind ausgelegt auf eine durchschnittliche Bearbeitungssituation. In der Praxis können diese Tabellenwerte stark von den optimalen Werten abweichen, vor allem bei schwierigen Bearbeitungsaufgaben wie z.B. dem Fräsen von dünnen Stegen oder bei labiler Werkstück- bzw. Werkzeugspannung. In den entsprechenden Tabellen für die Richtwerte der Schnittgeschwindigkeit ist ein Materialfaktor für die Berechnung des Vorschub pro Zahns angegeben. Der zu wählende Vorschub pro Zahn berechnet sich aus dem in der jeweiligen Tabelle angegebenen Wert multipliziert mit dem Korrekturfaktor.

$$f_z = f_{z\,Tabelle} \cdot Korrekturfaktor$$

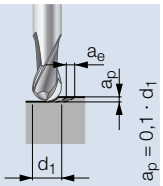
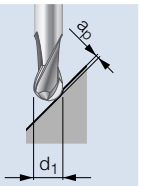
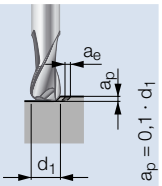
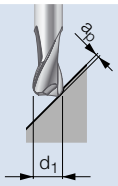
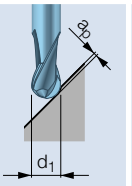
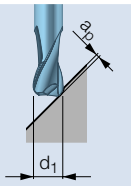
### 18.8.1 Richtwerte für den Vorschub pro Zahn für Schaft- und Langlochfräser aus Vollhartmetall

Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit siehe **Kapitel 18.7.1**.

| | Vorschub pro Zahn $f_z$ [mm] | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| |  $a_e$ = 0,2 - 0,3 mm | |  $a_e$ = 0,1 · $d_1$ | |  $a_e$ = 0,25 · $d_1$ | |  $a_e$ = $d_1$ | | |  $a_e$ = 0,02 · $d_1$ |
| $d_1$ | unbesch. | besch. | unbesch. | besch. | unbesch. | besch. | unbesch. | besch. | | beschichtet |
| 2 | 0,004 | 0,005 | 0,005 | 0,006 | 0,004 | 0,005 | 0,003 | 0,004 | Hartfräsen | – |
| 3 | 0,007 | 0,008 | 0,007 | 0,008 | 0,006 | 0,007 | 0,005 | 0,006 | | – |
| 4 | 0,011 | 0,012 | 0,009 | 0,010 | 0,009 | 0,010 | 0,007 | 0,008 | | – |
| 5 | 0,015 | 0,016 | 0,013 | 0,014 | 0,010 | 0,011 | 0,009 | 0,010 | | 0,012 |
| 6 | 0,019 | 0,021 | 0,016 | 0,018 | 0,013 | 0,014 | 0,011 | 0,012 | | 0,018 |
| 8 | 0,028 | 0,030 | 0,022 | 0,024 | 0,018 | 0,019 | 0,015 | 0,017 | | 0,022 |
| 10 | 0,037 | 0,041 | 0,027 | 0,030 | 0,022 | 0,025 | 0,019 | 0,021 | | 0,025 |
| 12 | 0,046 | 0,051 | 0,033 | 0,036 | 0,027 | 0,030 | 0,023 | 0,026 | | 0,030 |
| 14 | 0,058 | 0,064 | 0,040 | 0,044 | 0,033 | 0,036 | 0,028 | 0,031 | | 0,033 |
| 16 | 0,068 | 0,075 | 0,046 | 0,050 | 0,037 | 0,041 | 0,032 | 0,035 | | 0,035 |
| 18 | 0,081 | 0,089 | 0,053 | 0,058 | 0,043 | 0,048 | 0,037 | 0,041 | | 0,039 |
| 20 | 0,090 | 0,100 | 0,057 | 0,063 | 0,047 | 0,052 | 0,040 | 0,044 | | 0,041 |
| 25 | 0,118 | 0,130 | 0,070 | 0,080 | 0,059 | 0,064 | 0,050 | 0,056 | | – |

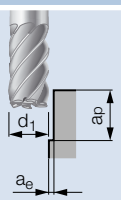
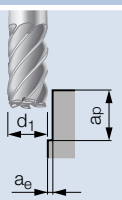
## 18.8.2 Richtwerte für den Vorschub pro Zahn für Kugel- und Torusfräser aus Vollhartmetall

Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit siehe **Kapitel 18.7.1**.

| | Vorschub pro Zahn $f_z$ [mm] | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| |  $a_e = 0,2 \cdot d_1$ | |  $a_p = 0,05 \cdot d_1$ | |  $a_e = 0,2 \cdot d_1$ | |  $a_p = 0,05 \cdot d_1$ | | |  $a_p = 0,05 \cdot d_1$ |  $a_p = 0,05 \cdot d_1$ |
| $d_1$ | unbesch. | besch. | unbesch. | besch. | unbesch. | besch. | unbesch. | besch. | | beschichtet | beschichtet |
| 2 | 0,010 | 0,015 | 0,009 | 0,010 | 0,010 | 0,015 | 0,009 | 0,010 | Hartfräsen | 0,005 | 0,005 |
| 3 | 0,025 | 0,030 | 0,018 | 0,020 | 0,018 | 0,020 | 0,010 | 0,015 | | 0,015 | 0,010 |
| 4 | 0,035 | 0,040 | 0,025 | 0,030 | 0,025 | 0,030 | 0,018 | 0,020 | | 0,030 | 0,015 |
| 5 | 0,055 | 0,060 | 0,045 | 0,050 | 0,035 | 0,040 | 0,025 | 0,030 | | 0,050 | 0,020 |
| 6 | 0,065 | 0,070 | 0,055 | 0,060 | 0,055 | 0,060 | 0,045 | 0,050 | | 0,060 | 0,030 |
| 8 | 0,090 | 0,100 | 0,075 | 0,080 | 0,075 | 0,080 | 0,065 | 0,070 | | 0,070 | 0,050 |
| 10 | 0,110 | 0,120 | 0,090 | 0,100 | 0,090 | 0,100 | 0,075 | 0,080 | | 0,080 | 0,070 |
| 12 | 0,135 | 0,150 | 0,110 | 0,120 | 0,110 | 0,120 | 0,090 | 0,100 | | 0,090 | 0,090 |
| 16 | 0,165 | 0,180 | 0,135 | 0,150 | 0,135 | 0,150 | 0,110 | 0,120 | | 0,100 | 0,100 |
| 18 | 0,180 | 0,200 | 0,165 | 0,180 | 0,145 | 0,160 | 0,125 | 0,140 | | 0,110 | 0,110 |
| 20 | 0,200 | 0,220 | 0,180 | 0,200 | 0,165 | 0,180 | 0,135 | 0,150 | | 0,120 | 0,120 |

## 18.8.3 Richtwerte für den Vorschub pro Zahn für Schaftfräser aus Voll-Cermet

Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit siehe **Kapitel 18.7.2**.

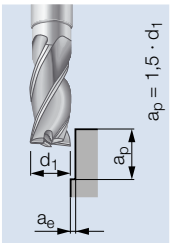
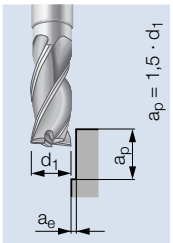
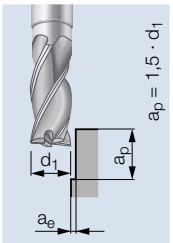
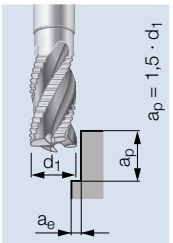
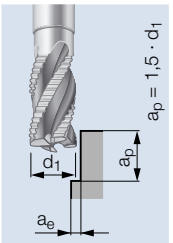
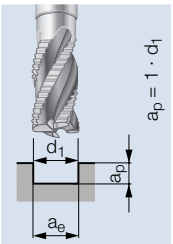
| | Vorschub pro Zahn $f_z$ [mm] | | | |
|---|---|---|---|---|
| |  $a_e = 0,25$ mm | |  $a_e = 0,1 \cdot d_1$ | |
| $d_1$ | unbeschichtet | beschichtet | unbeschichtet | beschichtet |
| 6 | 0,017 | 0,019 | 0,014 | 0,016 |
| 8 | 0,025 | 0,027 | 0,020 | 0,022 |
| 10 | 0,033 | 0,037 | 0,024 | 0,027 |
| 12 | 0,041 | 0,046 | 0,030 | 0,032 |
| 14 | 0,052 | 0,058 | 0,036 | 0,040 |
| 16 | 0,061 | 0,068 | 0,041 | 0,045 |
| 18 | 0,073 | 0,080 | 0,048 | 0,052 |
| 20 | 0,081 | 0,090 | 0,050 | 0,057 |





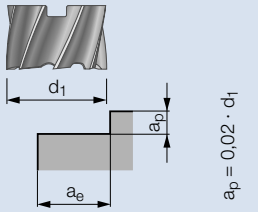
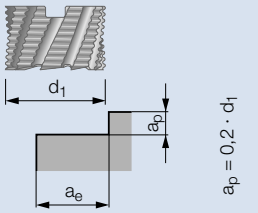
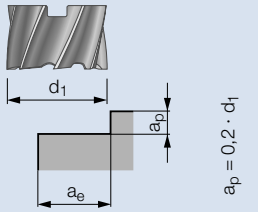
## 18.8.4 Richtwerte für den Vorschub pro Zahn für Schaft- und Langlochfräser aus HSS

Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit siehe **Kapitel 18.7.3**.

| | Vorschub pro Zahn $f_z$ [mm] | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| |  $a_e$ = 0,2 - 0,3 mm | |  $a_e$ = 0,1 · $d_1$ | |  $a_e$ = 0,25 · $d_1$ | |  $a_e$ = 0,25 · $d_1$ | |  $a_e$ = 0,5 · $d_1$ | |  $a_e$ = $d_1$ | |
| $d_1$ | unbesch. | besch. | unbesch. | besch. | unbesch. | besch. | unbesch. | besch. | unbesch. | besch. | unbesch. | besch. |
| 2 | 0,008 | 0,009 | 0,008 | 0,009 | 0,008 | 0,009 | – | – | – | – | – | – |
| 3 | 0,011 | 0,012 | 0,010 | 0,012 | 0,009 | 0,010 | – | – | – | – | – | – |
| 4 | 0,017 | 0,018 | 0,014 | 0,015 | 0,013 | 0,014 | 0,015 | 0,016 | 0,013 | 0,014 | 0,011 | 0,012 |
| 5 | 0,024 | 0,026 | 0,018 | 0,020 | 0,014 | 0,015 | 0,019 | 0,021 | 0,016 | 0,018 | 0,014 | 0,016 |
| 6 | 0,032 | 0,035 | 0,022 | 0,024 | 0,015 | 0,017 | 0,024 | 0,027 | 0,020 | 0,022 | 0,018 | 0,019 |
| 8 | 0,047 | 0,051 | 0,029 | 0,032 | 0,020 | 0,022 | 0,032 | 0,036 | 0,027 | 0,030 | 0,024 | 0,026 |
| 10 | 0,065 | 0,072 | 0,037 | 0,041 | 0,026 | 0,028 | 0,042 | 0,047 | 0,035 | 0,039 | 0,031 | 0,034 |
| 12 | 0,084 | 0,091 | 0,044 | 0,049 | 0,031 | 0,034 | 0,051 | 0,057 | 0,043 | 0,047 | 0,037 | 0,041 |
| 14 | 0,100 | 0,106 | 0,054 | 0,059 | 0,037 | 0,041 | 0,063 | 0,069 | 0,053 | 0,058 | 0,045 | 0,050 |
| 16 | 0,111 | 0,121 | 0,061 | 0,067 | 0,042 | 0,046 | 0,072 | 0,079 | 0,060 | 0,066 | 0,052 | 0,057 |
| 18 | 0,126 | 0,136 | 0,070 | 0,077 | 0,048 | 0,053 | 0,084 | 0,093 | 0,071 | 0,078 | 0,061 | 0,067 |
| 20 | 0,141 | 0,151 | 0,076 | 0,083 | 0,052 | 0,057 | 0,092 | 0,100 | 0,077 | 0,084 | 0,066 | 0,073 |
| 22 | 0,160 | 0,166 | 0,085 | 0,094 | 0,059 | 0,065 | 0,117 | 0,114 | 0,087 | 0,096 | 0,075 | 0,082 |
| 25 | 0,170 | 0,188 | 0,095 | 0,104 | 0,065 | 0,072 | 0,136 | 0,129 | 0,100 | 0,108 | 0,084 | 0,093 |
| 28 | 0,196 | 0,210 | 0,109 | 0,120 | 0,075 | 0,083 | 0,157 | 0,150 | 0,114 | 0,125 | 0,098 | 0,108 |
| 32 | 0,212 | 0,240 | 0,124 | 0,137 | 0,086 | 0,094 | 0,184 | 0,173 | 0,131 | 0,145 | 0,113 | 0,125 |
| 36 | 0,224 | 0,240 | 0,144 | 0,159 | 0,099 | 0,109 | 0,170 | 0,187 | 0,142 | 0,162 | 0,126 | 0,140 |
| 40 | 0,240 | 0,240 | 0,157 | 0,173 | 0,108 | 0,120 | 0,200 | 0,194 | 0,154 | 0,170 | 0,132 | 0,146 |
| 45 | 0,240 | 0,240 | 0,157 | 0,173 | 0,108 | 0,120 | 0,200 | 0,220 | 0,170 | 0,180 | 0,140 | 0,160 |
| 50 | 0,240 | 0,240 | 0,157 | 0,173 | 0,108 | 0,120 | 0,200 | 0,220 | 0,170 | 0,180 | 0,140 | 0,160 |
| 56 | 0,240 | 0,240 | 0,157 | 0,173 | 0,108 | 0,120 | 0,200 | 0,220 | 0,170 | 0,180 | 0,140 | 0,160 |
| 63 | 0,240 | 0,240 | 0,157 | 0,173 | 0,108 | 0,120 | 0,200 | 0,220 | 0,170 | 0,180 | 0,140 | 0,160 |

## 18.8.5 Richtwerte für den Vorschub pro Zahn für HSS-Walzenstirnfräser

Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit siehe **Kapitel 18.7.4**.

| | Vorschub pro Zahn $f_z$ [mm] | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Typ N | | Typ NF, HR-rekord, HR, NR | | Typ W |
| |  $a_e = 0{,}75 \cdot d_1$ | |  $a_e = 0{,}75 \cdot d_1$ | |  $a_e = 0{,}75 \cdot d_1$ |
| $d_1$ | unbeschichtet | beschichtet | unbeschichtet | beschichtet | unbeschichtet |
| 30 | 0,043 | – | 0,056 | – | – |
| 35 | 0,046 | – | 0,060 | – | – |
| 40 | 0,049 | 0,054 | 0,064 | 0,070 | 0,060 |
| 50 | 0,055 | 0,060 | 0,071 | 0,078 | 0,066 |
| 60 | 0,060 | – | 0,077 | – | – |
| 63 | 0,061 | 0,067 | 0,079 | 0,087 | 0,074 |
| 75 | 0,066 | – | 0,086 | – | – |
| 80 | 0,065 | 0,071 | 0,084 | 0,092 | 0,078 |
| 90 | 0,061 | – | 0,080 | – | – |
| 100 | 0,059 | 0,065 | 0,076 | 0,084 | 0,071 |
| 125 | 0,054 | – | 0,070 | – | 0,065 |





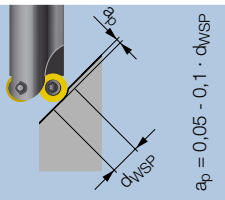
## 18.8.6 Richtwerte für den Vorschub pro Zahn für Fräser mit runden oder rhombischen Wendeschneidplatten

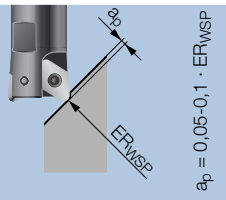
Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit siehe **Kapitel 18.7.5** bis **Kapitel 18.7.8**.

| Hauptgruppe / Untergruppe | | | Beispiel | Nr. | Zugfestigkeit Rm [N/mm²] Härte [HB/HRC/HV] |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | **Stahlwerkstoffe** | | | | |
| 1.1 | Kaltfließpressstähle, Magnetweicheisen | ≤ 400 N/mm² | Q-St37-3<br>R-Fe80 | 1.0123<br>1.1014 | |
| 1.2 | Automatenstähle, Allgemeine Baustähle | ≤ 600 N/mm² | 9SMnPb28<br>St37-2 | 1.0718<br>1.0037 | 500-700 N/mm²<br>340-470 N/mm² |
| 1.3 | Automatenstähle, Baustähle, Legierte Stähle, Stahlguss | ≤ 850 N/mm² | St70-2<br>GS-25CrMo4 | 1.0070<br>1.7218 | 700-900 N/mm²<br>650-950 N/mm² |
| 1.4 | Einsatzstähle, Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Kaltarbeitsstähle | ≤ 1100 N/mm² | 16MnCr5<br>Ck45<br>100Cr6 | 1.7131<br>1.1191<br>1.3505 | 500-700 N/mm²<br>600-800 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 1.5 | Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Warmarbeitsstähl, Gehärtete Stähle ≤ 44 HRC Kaltarbeitsstähle, | ≤ 1400 N/mm² | 42CrMo4V<br>X30WCrV5-3<br>X38CrMoV5-3<br>X155CrVMo12-1 | 1.7225<br>1.2567<br>1.2367<br>1.2379 | 1200-1400 N/mm²<br>1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm² |
| 1.6 | Gehärtete Stähle | > 44 - 55 HRC | 55NiCrMoV6 | 1.2713 | 47-52 HRC |
| 1.7 | Gehärtete Stähle | > 55 - 60 HRC | 45WCrV7 | 1.2542 | 56-57 HRC |
| 1.8 | Gehärtete Stähle | > 60 - 63 HRC | X155CrVMo12-1 | 1.2379 | 60-63 HRC |
| 1.9 | Gehärtete Stähle | > 63 - 66 HRC | X210CrW12 | 1.2436 | 63-64 HRC |
| 1.10 | Rostbeständige Stähle, Säurebeständige Stähle, Hitzebeständige Stähle | ≤ 850 N/mm² | X10NiCrAlTi32-20 [INCOLOY800]<br>X12CrNiTi18-9<br>X6CrNiMoTi17-12-2 | 1.4876<br>1.4878<br>1.4571 | 610-850 N/mm²<br>500-700 N/mm²<br>500-730 N/mm² |
| 1.11 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1100 N/mm² | X45SiCr4 | 1.4704 | 900-1100 N/mm² |
| 1.12 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1400 N/mm² | X5NiCrTi26-15 | 1.4980 | 1200 N/mm² |
| 1.13 | Stahl-Sonderwerkstoffe | | FerroTiC<br>Hardox500 | | 800-900 N/mm²<br>1300-1400 N/mm² |
| **2** | **Gusswerkstoffe** | | | | |
| 2.1 | Gusseisen | | GG 20<br>GG 30 | 0.6020<br>0.6030 | 120-220 HB<br>220-270 HB |
| 2.2 | Gusseisen mit Kugelgraphit | | GGG 40<br>GGG 70 | 0.7040<br>0.7070 | 400 N/mm²<br>700-1050 N/mm² |
| 2.3 | Gusseisen mit Vermikulargraphit | | GGV(80%Perlit)<br>GGV(100%Perlit) | | 220 HB<br>230 HB |
| 2.4 | Temperguss | | GTW 40<br>GTS 65 | 0.8040<br>0.8165 | 360-420 N/mm²<br>580-650 N/mm² |
| 2.5 | Hartguss | ≤ 400 HB | | | -400 HB |
| **3** | **Kupfer, Kupferlegierungen, Bronze, Messing** | | | | |
| 3.1 | Reinkupfer und niedrigleg. Kupfer | ≤ 500 N/mm² | E-Cu | 2.0060 | 250-350 N/mm² |
| 3.2 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing langspanend) | | CuZn40 [Ms60]<br>CuZn37 [Ms63] | 2.0360<br>2.0321 | 340-490 N/mm²<br>310-550 N/mm² |
| 3.3 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messing kurzspanend) | | CuZn39Pb2 [Ms58] | 2.0380 | 380-500 N/mm² |
| 3.4 | Kupfer-Alu-Legierungen (Alubronze langspanend) Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze langspanend) | | CuAl10Ni | 2.0966 | 500-800 N/mm² |
| 3.5 | Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze kurzspanend) | | GCuSn5ZnPb [Rg5]<br>GCuSn7ZnPb [Rg7] | 2.1096<br>2.1090 | 150-300 N/mm²<br>150-300 N/mm² |
| 3.6 | Kupfer-Sonderlegierungen bis Q18 | | Ampco16 | | 630 N/mm² |
| 3.7 | Kupfer-Sonderlegierungen über Q18 | | Ampco20 | | 600 N/mm² |
| **4** | **Nickel-/Kobalt-Legierungen** | | | | |
| 4.1 | Nickel-/Kobalt-Leg. warmfest | ≤ 850 N/mm² | NiCu30Fe [MONEL400] | 2.4360 | 420-610 N/mm² |
| 4.2 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest | 850-1400 N/mm² | NiCr19NbMo [INCONEL718] | 2.4668 | 850-1190 N/mm² |
| 4.3 | Nickel-/Kobalt-Leg. hochwarmfest | >1400 N/mm² | Haynes 25 (L605) | | 1550-2000 N/mm² |
| **5** | **Aluminiumlegierungen** | | | | |
| 5.1 | Alu-Knetlegierungen | | Al 99,5 [F13]<br>AlCuMg1 [F39] | 3.0255<br>3.1325 | 100-250 N/mm²<br>300-500 N/mm² |
| 5.2 | Alu-Gusslegierungen Si ≤ 5% | | G-AlMg3 | 3.3541 | 130-190 N/mm² |
| 5.3 | Alu-Gusslegierungen 5% < Si ≤ 12% | | GD-AlSi9Cu3<br>GD-AlSi12 | 3.2163<br>3.2582 | 240-310 N/mm²<br>220-300 N/mm² |
| 5.4 | Alu-Gusslegierungen 12% < Si | | G-AlSi17Cu4 | | 180-250 N/mm² |
| **6** | **Magnesiumlegierungen** | | | | |
| 6.1 | Magnesium-Knetlegierungen | | MgAl6 | 3.5662 | 300-500 N/mm² |
| 6.2 | Magnesium-Gusslegierungen | | GMgAl9Zn1 | 3.5912 | 300-500 N/mm² |
| **7** | **Titan, Titanlegierungen** | | | | |
| 7.1 | Reintitan, Titanlegierungen | ≤ 900 N/mm² | Ti3 [Ti99.4]<br>TiAl6V4 | 3.7055<br>3.7164 | 700 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 7.2 | Titanlegierungen | 900-1250 N/mm² | TiAl4Mo4Sn2 | 3.7185 | 900-1250 N/mm² |
| **8** | **Kunststoffe** | | | | |
| 8.1 | Duroplaste (kurzspanend) | | BAKELIT | | 110 N/mm² |
| 8.2 | Thermoplaste (langspanend) | | HOSTALEN | | 80 N/mm² |
| 8.3 | Faserverstärkte Kunststoffe | | CFK / GFK / AFK | | 800-1500 N/mm² |
| **9** | **Werkstoffe für bes. Anwendungen** | | | | |
| 9.1 | Graphit | | C-8000 | | 60 N/mm² |
| 9.2 | Wolfram-Kupfer-Legierungen | | W-Cu 80/20 | | 230-250 HV |



## Vorschub pro Zahn $f_z$ [mm]




| 6 mm | 8 mm | 10 mm | 12 mm | 14 mm | IC 4,6 mm | IC 9,2 mm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| 0,20 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,35 | 0,12 | 0,18 |
| 0,20 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,35 | 0,12 | 0,18 |
| 0,20 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,35 | 0,12 | 0,18 |
| 0,15 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,08 | 0,12 |
| 0,15 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,08 | 0,12 |
| 0,10 | 0,10 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,06 | 0,10 |
| 0,08 | 0,08 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,04 | 0,08 |
| 0,03 | 0,03 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,02 | 0,04 |
| 0,03 | 0,03 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,02 | 0,04 |
| 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,08 | 0,10 | 0,03 | 0,05 |
| 0,15 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | – | – |
| 0,15 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | – | – |
| 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,08 | 0,10 | 0,03 | 0,05 |
| | | | | | | |
| 0,25 | 0,30 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,10 | 0,15 |
| 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,08 | 0,10 |
| 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,05 | 0,06 |
| 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,35 | 0,35 | 0,08 | 0,10 |
| – | – | – | – | – | – | – |
| | | | | | | |
| 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,35 | – | 0,12 | 0,20 |
| 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,35 | – | 0,12 | 0,20 |
| 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,35 | – | 0,12 | 0,20 |
| 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | – | 0,05 | 0,10 |
| 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,35 | – | – | – |
| 0,06 | 0,08 | 0,10 | 0,10 | – | 0,05 | 0,08 |
| 0,06 | 0,08 | 0,10 | 0,10 | – | 0,05 | 0,08 |
| | | | | | | |
| 0,05 | 0,08 | 0,10 | 0,10 | 0,15 | 0,04 | 0,06 |
| 0,05 | 0,08 | 0,10 | 0,10 | 0,15 | 0,04 | 0,06 |
| – | – | – | – | – | – | – |
| | | | | | | |
| 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | – | 0,15 | 0,20 |
| 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | – | 0,15 | 0,20 |
| 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25<br>0,25 | – | 0,08 | 0,10 |
| 0,10 | 0,15 | 0,20 | | – | 0,08 | 0,10 |
| | | | | | | |
| 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,35 | – | 0,08 | 0,10 |
| 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,35 | – | 0,08 | 0,10 |
| | | | | | | |
| 0,06 | 0,06 | 0,08 | 0,10 | – | 0,06 | 0,06 |
| 0,04 | 0,04 | 0,06 | 0,10 | – | 0,04 | 0,04 |
| | | | | | | |
| 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 0,55 | 0,15 | 0,20 |
| 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 0,55 | 0,15 | 0,20 |
| 0,10 | 0,20 | 0,30 | 0,35 | 0,45 | 0,08 | 0,10 |
| | | | | | | |
| 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 0,55 | 0,15 | 0,20 |
| 0,10 | 0,20 | 0,30 | 0,30 | 0,40 | 0,08 | 0,10 |





## 18.8.7 Richtwerte für den Vorschub pro Zahn für Fräser mit Time-S-Cut-Wendeschneidplatten

Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit siehe **Kapitel 18.7.9**.

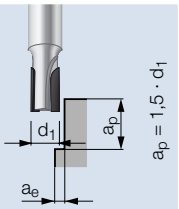
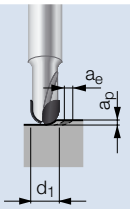
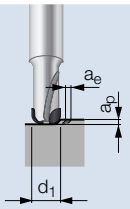
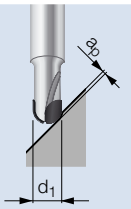
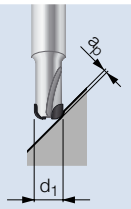
| Hauptgruppe / Untergruppe | | | Beispiel | Nr. | Zugfestigkeit Rm [N/mm²] Härte [HB/HRC/HV] |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | **Stahlwerkstoffe** | | | | |
| 1.1 | Kaltfließpressstähle, Magnetweicheisen | ≤ 400 N/mm² | Q-St37-3<br>R-Fe80 | 1.0123<br>1.1014 | |
| 1.2 | Automatenstähle, Allgemeine Baustähle | ≤ 600 N/mm² | 9SMnPb28<br>St37-2 | 1.0718<br>1.0037 | 500-700 N/mm²<br>340-470 N/mm² |
| 1.3 | Automatenstähle, Baustähle, Legierte Stähle, Stahlguss | ≤ 850 N/mm² | St70-2<br>GS-25CrMo4 | 1.0070<br>1.7218 | 700-900 N/mm²<br>650-950 N/mm² |
| 1.4 | Einsatzstähle, Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Kaltarbeitsstähle | ≤ 1100 N/mm² | 16MnCr5<br>Ck45<br>100Cr6 | 1.7131<br>1.1191<br>1.3505 | 500-700 N/mm²<br>600-800 N/mm²<br>700-900 N/mm² |
| 1.5 | Vergütungsstähle, Nitrierstähle, Warmarbeitsstähl, Gehärtete Stähle ≤ 44 HRC Kaltarbeitsstähle, | ≤ 1400 N/mm² | 42CrMo4V<br>X30WCrV5-3<br>X38CrMoV5-3<br>X155CrVMo12-1 | 1.7225<br>1.2567<br>1.2367<br>1.2379 | 1200-1400 N/mm²<br>1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm²<br>900-1100 N/mm² |
| 1.6 | Gehärtete Stähle | > 44 - 55 HRC | 55NiCrMoV6 | 1.2713 | 47-52 HRC |
| 1.7 | Gehärtete Stähle | > 55 - 60 HRC | 45WCrV7 | 1.2542 | 56-57 HRC |
| 1.8 | Gehärtete Stähle | > 60 - 63 HRC | X155CrVMo12-1 | 1.2379 | 60-63 HRC |
| 1.9 | Gehärtete Stähle | > 63 - 66 HRC | X210CrW12 | 1.2436 | 63-64 HRC |
| 1.10 | Rostbeständige Stähle, Säurebeständige Stähle, Hitzebeständige Stähle | ≤ 850 N/mm² | X10NiCrAlTi32-20 [INCOLOY800]<br>X12CrNiTi18-9<br>X6CrNiMoTi17-12-2 | 1.4876<br>1.4878<br>1.4571 | 610-850 N/mm²<br>500-700 N/mm²<br>500-730 N/mm² |
| 1.11 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1100 N/mm² | X45SiCr4 | 1.4704 | 900-1100 N/mm² |
| 1.12 | Rost-/Säure-/Hitzebeständ. Stähle | ≤ 1400 N/mm² | X5NiCrTi26-15 | 1.4980 | 1200 N/mm² |
| 1.13 | Stahl-Sonderwerkstoffe | | FerroTiC<br>Hardox500 | | 800-900 N/mm²<br>1300-1400 N/mm² |
| **2** | **Gusswerkstoffe** | | | | |
| 2.1 | Gusseisen | | GG 20<br>GG 30 | 0.6020<br>0.6030 | 120-220 HB<br>220-270 HB |
| 2.2 | Gusseisen mit Kugelgraphit | | GGG 40<br>GGG 70 | 0.7040<br>0.7070 | 400 N/mm²<br>700-1050 N/mm² |
| 2.3 | Gusseisen mit Vermikulargraphit | | GGV(80%Perlit)<br>GGV(100%Perlit) | | 220 HB<br>230 HB |
| 2.4 | Temperguss | | GTW 40<br>GTS 65 | 0.8040<br>0.8165 | 360-420 N/mm²<br>580-650 N/mm² |
| 2.5 | Hartguss | ≤ 400 HB | | | -400 HB |



| Vorschub pro Zahn $f_z$ [mm] | |
|---|---|
| TiAlN | |
| IC 8 mm | IC 12 mm |
| | |
| 1 - 2 | 1,5 - 2,5 |
| 1 - 2 | 1,5 - 2,5 |
| 1 - 2 | 1 - 2 |
| 0,8 - 2 | 1 - 2 |
| 0,8 - 1,8 | 1 - 2 |
| – | – |
| – | – |
| – | – |
| – | – |
| – | – |
| – | – |
| – | – |
| – | – |
| | |
| 1 - 2 | 2 |
| 1 - 2 | 2 |
| – | – |
| – | – |
| – | – |

## 18.8.8 Richtwerte für den Vorschub pro Zahn für Schaft-, Kugel und Torusfräser mit CBN- oder PKD-Schneiden

Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit siehe **Kapitel 18.7.10**.

| | Vorschub pro Zahn $f_z$ [mm] | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| |  $a_e \approx 0,15$ mm | |  $a_e = 0,2 \cdot d_1$ | |  $a_e = 0,2 \cdot d_1$ | |  $a_p = 0,05 \cdot d_1$ | |  $a_p = 0,05 \cdot d_1$ | |
| $d_1$ | CBN | PKD | CBN | PKD | CBN | PKD | CBN | PKD | CBN | PKD |
| 4 | 0,008 | 0,016 | 0,030 | 0,071 | 0,018 | 0,038 | 0,024 | 0,048 | 0,014 | 0,028 |
| 6 | 0,011 | 0,021 | 0,040 | 0,072 | 0,030 | 0,062 | 0,031 | 0,062 | 0,026 | 0,052 |
| 8 | 0,015 | 0,031 | 0,050 | 0,091 | 0,040 | 0,080 | 0,041 | 0,081 | 0,033 | 0,066 |
| 10 | 0,020 | 0,041 | 0,060 | 0,110 | 0,050 | 0,098 | 0,050 | 0,100 | 0,040 | 0,080 |
| 12 | 0,032 | 0,064 | 0,070 | 0,150 | 0,060 | 0,120 | 0,120 | 0,120 | 0,060 | 0,100 |

Mittlerweile sind bei einigen Werkzeugherstellern elektronische Hilfen für die Werkzeugauswahl verfügbar. So bietet EMUGE-FRANKEN mit dem **„Tool Finder“** eine Software an, welche für eine Bearbeitungsaufgabe die Auswahl eines geeigneten Fräswerkzeuges (und auch Gewindewerkzeuges) unterstützt.
Menügesteuert werden sämtliche relevanten Informationen abgefragt und passende Werkzeuge empfohlen. In Verbindung mit einer umfangreichen Werkstoffdatenbank können gleichzeitig die passenden Schnittparameter ausgegeben werden. Zusäzliche Informationen wie Standweg oder Kosten pro Meter Fräsweg und benötigte Maschinenleistung runden das Programm ab.



## 18.9 Fehler, Ursachen und Abhilfe

Nachfolgend sind häufige Fehlerquellen, ihre möglichen Ursachen und Vorschläge zur Abhilfe aufgeführt. Diese Aufstellung zeigt nur allgemeine Problemstellungen auf. Für die Lösung spezieller Bearbeitungsprobleme ist die genaue Kenntnis aller Einflussfaktoren von Werkzeug (Geometrie, Schneidstoff, Beschichtung), Werkstück (Werkstoff, Geometrie), Werkzeug- und Werkstückspannung, Fräsverfahren, Kühlschmierstoff (falls vorhanden) und eingesetzter Werkzeugmaschine notwendig.

EMUGE-FRANKEN bietet einen weltweiten Beratungsservice mit qualifizierten Anwendungstechnikern für die Lösung spezieller Bearbeitungsprobleme.

**Allgemeine Problemlösungen beim Fräsen:**

| festgestellter Fehler | eventuelle Ursache | Abhilfe |
|---|---|---|
| Vibrationen am Werkzeug | • Vorschub zu gering<br>• Werkzeug zu labil<br>• Werkzeug-Spannung zu labil | • Vorschub erhöhen<br>• Werkzeug-Auskraglänge prüfen<br>• Werkzeug mit stärkerem Schaft verwenden<br>• Werkzeug-Spannung optimieren |
| Vibrationen am Werkstück | • Werkstück-Spannung zu labil | • Spannsituation verbessern |
| Aufbauschneiden-bildung an der Schneidkante | • Werkstoff neigt zum Verkleben<br>• Schnittgeschwindigkeit zu gering<br>• falsche Schneidengeometrie | • beschichtete Werkzeuge verwenden<br>• Kühlschmierstoff verwenden<br>• Schnittgeschwindigkeit erhöhen<br>• Werkzeug mit größerem Spanwinkel verwenden |
| Ausbrüche an Werkzeug-schneiden | • Schneidstoff zu spröde<br>• Werkzeug- oder Werkstück-Spannung zu labil<br>• Wahl des falschen Werkzeugs | • Werkzeug mit zäherem Schneidstoff verwenden<br>• Spannsituation verbessern<br>• an Bearbeitung angepasstes Werkzeug vewenden (Geometrie, Schneidstoff, Beschichtung) |
| gefräste Nut zu klein | • Werkzeug durch Verschleiß zu klein | • Werkzeug wechseln |
| gefräste Nut zu groß | • Rundlauffehler am Werkzeug | • Rundlauffehler reduzieren |



# Fräsen

**Abhilfe bei Problemen an gefräster Oberfläche:**

| festgestellter Fehler | eventuelle Ursache | Abhilfe |
|---|---|---|
| gefräste Oberfläche zu rau | • Wahl des falschen Werkzeugtyps<br>• Vorschub zu groß<br>• Kühlschmierstoff für zerspanten Werkstoff erforderlich | • Schlichtfräser wählen<br>• Vorschub reduzieren<br>• Kühlschmierstoff verwenden |
| Rattermarken an gefräster Oberfläche | • Werkstück- oder Werkzeug-Spannung zu labil<br>• Werkzeug zu labil<br>• Rundlauffehler am Werkzeug | • Spannsituation verbessern<br>• Werkzeug-Auskraglänge prüfen<br>• Werkzeug mit stärkerem Schaft verwenden<br>• Rundlauffehler reduzieren |
| Oberfläche wellig zur Fräserachse | • Rundlauffehler am Werkzeug | • Rundlauffehler reduzieren |
| gefräste Oberfläche nicht parallel zur Werkzeug-Achse (Werkzeug-abdrängung) | • radiale Zustellung $a_e$ zu groß<br>• starker Werkzeugverschleiß | • radiale Zustellung $a_e$ reduzieren<br>• Werkzeug wechseln<br>• Werkzeugverschleiß überwachen |
| gefräste Oberfläche mit Längs-markierungen | • Ausbrüche an Mantelschneiden | • Werkzeug wechseln |



**Abhilfe bei Problemen mit Werkzeugverschleiß:**

| festgestellter Fehler | eventuelle Ursache | Abhilfe |
|---|---|---|
| extremer Freiflächen-verschleiß | • unzureichende Härte des Schneidstoffs<br>• Zerspanungstemperatur zu hoch | • Werkzeug mit verschleißfesterem Schneidstoff wählen<br>• beschichtete Werkzeuge einsetzen<br>• Schnittgeschwindigkeit reduzieren |
| extremer Kolkverschleiß | • Zerspanungstemperatur zu hoch<br>• Schnittdruck zu hoch | • Schnittgeschwindigkeit reduzieren<br>• Vorschub reduzieren |
| extreme plastische Verformung der Schneidkante | • Werkzeug wird dauerhaft thermisch und mechanisch überlastet | • Schnittgeschwindigkeit reduzieren<br>• Vorschub reduzieren |
| Kammrisse | • hohe thermische Wechselbelastung des Werkzeugs | • Temperaturschwankungen vermeiden durch:<br>- Trockenfräsen<br>- Kühlmittelzufuhr erhöhen<br>- Werkzeug mit innerer Kühlmittelzufuhr verwenden<br>- Kaltluftdüse verwenden |
| Schneidenbruch | • mechanische Überlastung, auch infolge vorangegangener Verschleißmechanismen | • Werkzeugverschleiß überwachen<br>• Schnittbedingungen an Bearbeitungssituation anpassen |



# Aufnahmen und Futter

Seite


## 19.1 Gewindeschneidfutter und Gewindeschneidapparate . . . . . 674

19.1.1 Allgemeines . . . . . 674
19.1.2 Maschinenvoraussetzungen . . . . . 674
19.1.3 Spindeldrehung . . . . . 675
19.1.4 Hochgeschwindigkeitsbearbeitung . . . . . 675
19.1.5 Leistungsmerkmale . . . . . 676
19.1.5.1 Längenausgleich . . . . . 676
19.1.5.2 Druckpunktmechanismus . . . . . 677
19.1.5.3 Zugausrastung . . . . . 678
19.1.5.4 Innere Kühlmittelzufuhr (IKZ) . . . . . 679
19.1.5.5 Innere Minimalmengenschmierung (MMS) . . . . . 680
19.1.5.6 Kühlmitteldruck am Eintritt . . . . . 681
19.1.5.7 Oberflächenschutz . . . . . 681
19.1.5.8 Achsparallele Pendelung . . . . . 681
19.1.5.9 Hydrodehnspannsystem . . . . . 682
19.1.5.10 Wendegetriebe . . . . . 682
19.1.5.11 Überlastkupplung . . . . . 682
19.1.5.12 Gewindebohreradaptierung . . . . . 683
19.1.6 Schneidbereich . . . . . 684
19.1.7 Schaftausführungen . . . . . 685
19.1.8 Gewindeschneidfutter . . . . . 686
19.1.8.1 Typ KSN . . . . . 686
19.1.8.2 Typ KSN/IKZ(Z)/MMS . . . . . 687
19.1.8.3 Typ KSN/HD . . . . . 688
19.1.8.4 Typ KSN/Synchro . . . . . 689
19.1.8.5 Typ KSN/Synchro/PGR . . . . . 690
19.1.8.6 Typ KSN/Softsynchro . . . . . 691
19.1.8.7 Typ KSN/Softsynchro/MMS . . . . . 693
19.1.8.8 Typ KSN/Softhydro . . . . . 695
19.1.8.9 Typ KSN/Softsynchro/PGR . . . . . 696
19.1.8.10 Typ SFM . . . . . 697
19.1.8.11 Typ SFM-NP . . . . . 698
19.1.8.12 Typ SFM-L (-DZ) . . . . . 699
19.1.8.13 Typ HF . . . . . 700
19.1.9 Gewindeschneidapparate . . . . . 701
19.1.9.1 Typ GR . . . . . 701
19.1.9.2 Typ GRN-NC . . . . . 702
19.1.9.3 Typ SWITCH-MASTER . . . . . 703

## 19.2 Schnellwechseleinsätze . . . . . 704

19.2.1 Schneidbereich . . . . . 704
19.2.2 Schnellwechseleinsatztypen . . . . . 704
19.2.2.1 Typ EM . . . . . 705
19.2.2.2 Typ EM/IKZ . . . . . 705
19.2.2.3 Typ EM/IKZ/MMS . . . . . 706
19.2.2.4 Typ EM-E-Lock . . . . . 706
19.2.2.5 Typ EM-U . . . . . 707
19.2.2.6 Typ EM-U/IKZ . . . . . 707
19.2.2.7 Typ EM-L/IKZZ . . . . . 708
19.2.2.8 Typ EM-UL/IKZZ . . . . . 708
19.2.2.9 Typ EM-Z/ER/IKZ . . . . . 709
19.2.2.10 Typ EM/PGR/IKZ . . . . . 709



Seite

19.2.2.11 Typ EM-SE . . . 710
19.2.2.12 Typ EM-ELSE . . . 710
19.2.2.13 Typ EM-R . . . 711
19.2.2.14 Typ HE . . . 711
19.2.2.15 Typ HE-MK . . . 712
19.2.3 Spanndurchmesser . . . 713

**19.3 Zubehör . . . 714**
19.3.1 Schnellwechseleinsätze . . . 714
19.3.2 Adaptionsschäfte . . . 717
19.3.3 Spezial-Schaftverlängerungen für Gewindebohrer . . . 717
19.3.4 Spannzangen . . . 718
19.3.5 Spannzangen Typ PGR-(GB) . . . 718
19.3.6 Dichtscheiben . . . 719
19.3.7 Spannmuttern . . . 719
19.3.7.1 Montage und Demontage des Gewindebohrers und der Spannzange in der Spannmutter vom Typ Hi-Q/ER und Hi-Q/ERC . . . 720
19.3.7.2 Lösen des Gewindebohrers und der Spannzange . . . 721
19.3.8 Kühlmittelrohre und Schlüssel für HSK-Schäfte nach DIN 69893 A . . . 721
19.3.9 Zubehör System PGR . . . 722
19.3.9.1 Maschinen PGU 6000, PGC 1500 / PGC 2500 . . . 722
19.3.9.2 Adapter PGR-AGP für PGU 6000 . . . 723
19.3.9.3 Voreinstellgerät PGR-VEW . . . 723
19.3.9.4 Kegelreiniger PGR-TKC . . . 723

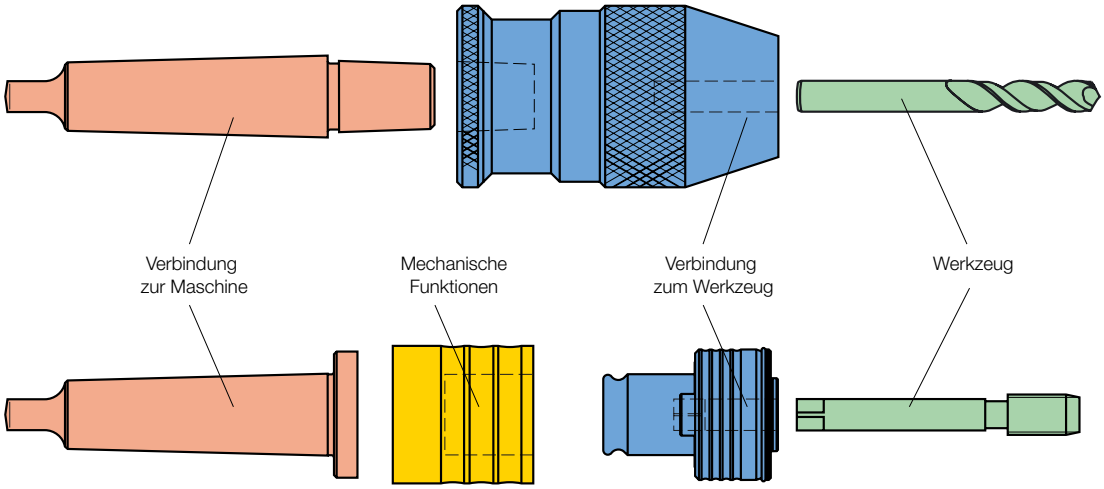
**19.4 Infrarotüberwachungssystem IR . . . 724**

**19.5 Werkzeugaufnahmen für das Bohren und Fräsen . . . 727**
19.5.1 Werkzeugaufnahmen für Zylinderschäfte mit Mitnahmefläche oder Spannfläche . . . 727
19.5.2 Werkzeugaufnahmen für Morsekegel . . . 728
19.5.3 Hydrodehn- und Spannzangenfutter . . . 729
19.5.4 Aufsteckfräsdorne für Walzenstirnfräser und Messerköpfe . . . 731
19.5.5 Schrumpfaufnahmen und Schrumpfgerät . . . 732

## 19.1 Gewindeschneidfutter und Gewindeschneidapparate

### 19.1.1 Allgemeines

Generell haben die Werkzeugaufnahmen zum Bohren und zur Gewindefertigung die Aufgabe, die Verbindung zwischen der Werkzeugmaschine und dem Werkzeug herzustellen.




Das wesentliche Unterscheidungsmerkmal von Gewinde- zu Bohr-, Reib-, Senk- oder Fräsprozessen ist die in allen Richtungen formschlüssige Verbindung des Gewindebohrers mit dem Werkstück.
Der Gewindeschneidzyklus erfordert die Umkehr der Gewindebohrerdrehrichtung und des Maschinenvorschubes, sowie die Synchronisation beider Parameter.

### 19.1.2 Maschinenvoraussetzungen

Durch den Maschinentyp ist das Gewindeschneidfutter, das zur Aufnahme des Gewindebohrers dient, zum größten Teil vorbestimmt.
Generell kann man als Grundregel sagen, dass ein maschineller Gewindeschneidprozess niemals mit einer starren Werkzeugspannung, wie sie für Bohrer, Senker, Reibahlen und Fräser zwingend ist, durchgeführt werden sollte. Einzige Ausnahme dieser Regel ist der Gewindeschneidprozess mit spielfreier Leitpatrone. Wird diese Regel nicht beachtet, kommt es mit Sicherheit zu verschleißfördernd hohen axialen Druckkräften auf die Gewindebohrerflanken während des gesamten Gewindeschneidprozesses, auch bei sogenannter „Rigid Tapping“-Eignung einer CNC-Maschine. Im Drehrichtungsumkehrpunkt wird sich diese Flankenreibkraft noch erheblich erhöhen.
Neben der Standzeitverkürzung des Gewindebohrers und unsauberen Gewindeflankenoberflächen kann es durch diese Axiallast während des Gewindeschneidvorgangs im Extremfall sogar zu verschnittenen Gewinden kommen. Auf Grund dieser Tatsache sind die Gewindeschneidfutter mit Funktionen ausgestattet, welche in **Kapitel 19.1.5** erklärt werden.

| Maschinentyp | Gewindeschneidfutter / Gewindeschneidapparate |
|---|---|
| CNC-Bearbeitungs-zentren<br>CNC-Maschinen mit Synchronspindel<br>Sonstige Werkzeugmaschinen | **KSN, GRN-NC und SWITCH-MASTER**<br> |
| Mehrspindelmaschinen<br>Transferstraßen | **SFM**<br> |
| Radial-Säulen-Großbohrmaschinen<br>Bohrwerke | **KSN, GR und HF**<br> |

## 19.1.3 Spindeldrehung

Alle EMUGE-Gewindeschneidfutter können auf Maschinen mit Rechts- und Linkslauf eingesetzt werden. Sie können damit sowohl Rechts- als auch Linksgewinde schneiden.
Bei den Gewindeschneidapparaten übernimmt ein im Apparat integriertes Wendegetriebe die Drehrichtungsumkehr. Mit dem Gewindeschneidapparat können nur Rechtsgewinde geschnitten werden.

## 19.1.4 Hochgeschwindigkeitsbearbeitung

Hochgeschwindigkeitsbearbeitungen von Gewinden setzen eine feste Klemmung des Gewindebohrers bei minimaler Rundlaufabweichung voraus. Geklemmt wird der Gewindebohrer über Stahlspannzangen, Kraftschrumpfen oder über ein Hydrodehnspannsystem.
Geeignete Gewindeschneidfutter/Gewindeschneidapparate aus dem EMUGE-Programm sind z.B.:

- KSN/Softsynchro
- KSN/Softsynchro/PGR
- KSN/Softhydro
- GRN-NC/HD
- SWITCH-MASTER

### 19.1.5 Leistungsmerkmale

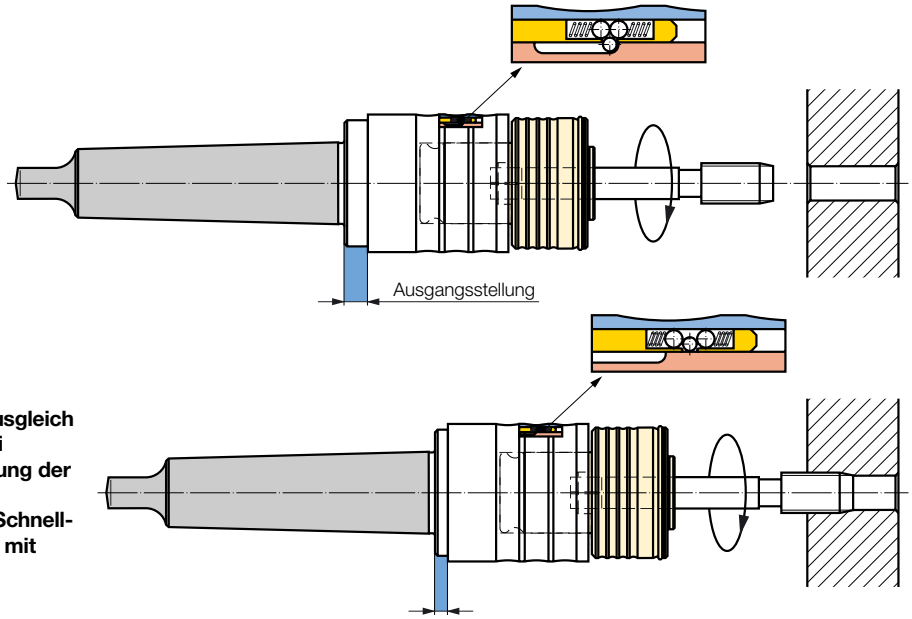
Nachfolgend werden die Leistungsmerkmale der EMUGE-Gewindeschneidfutter und -apparate erläutert. Dargestellt sind die Spezifikationen anhand von Symbolen, die bei dem jeweiligen Futter-/Apparatetyp zu finden sind.

#### 19.1.5.1 Längenausgleich

**Symbol** 


Es gibt zwei Arten von Längenausgleich:

**Längenausgleich in Druckrichtung**
Dieser Längenausgleich kompensiert Differenzen zwischen Spindelvorschub und Gewindebohrersteigung. Bei Verwendung eines Schnellwechseleinsatzes mit Überlastkupplung nimmt der Längenausgleich auf Druck beim Ansprechen der Überlastkupplung den Spindelvorschub auf.

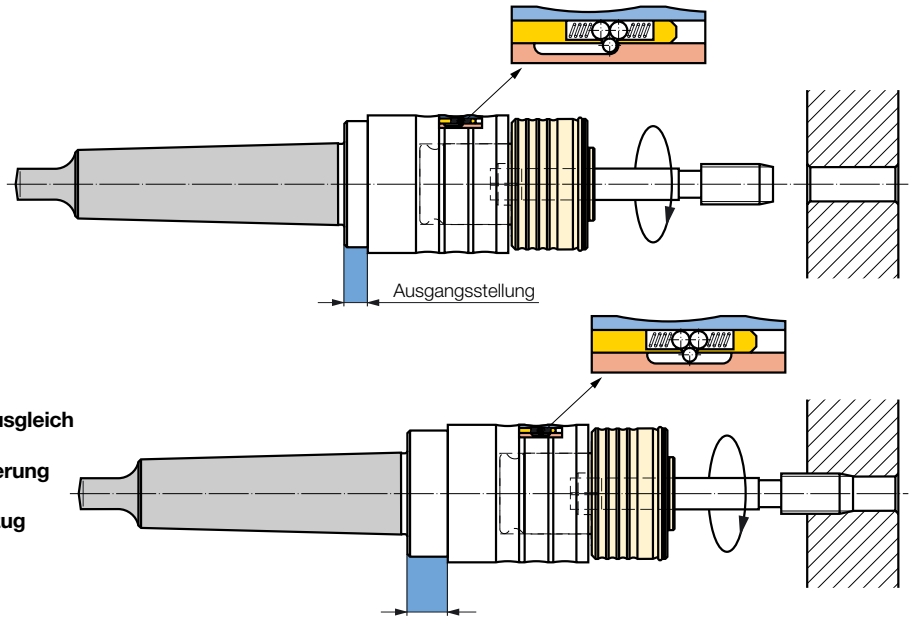



**Betätigter Längenausgleich in Druckrichtung bei**
- **Plusprogrammierung der Steuerung**
- **Überlastung des Schnellwechseleinsatzes mit Überlastkupplung**

**Längenausgleich in Zugrichtung**

Dieser kompensiert Differenzen zwischen Spindelvorschub und Gewindebohrersteigung, sowie ein Nachlaufen der Spindel im Umkehrpunkt des Gewindeschneidzykluses.

Bei den Gewindeschneidapparaten übernimmt der Längenausgleich auf Zug die Umschaltfunktion der Drehrichtung von Rechts- auf Linkslauf.



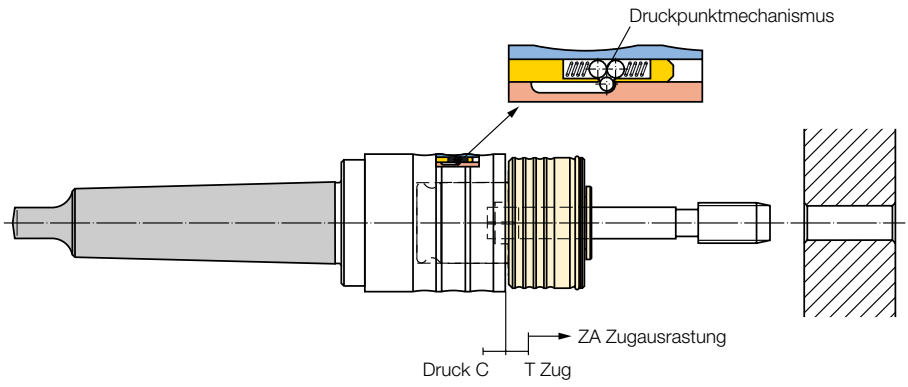

**Betätigter Längenausgleich in Zugrichtung bei**
- **Minusprogrammierung der Steuerung**
- **manuellem Rückzug**

## 19.1.5.2 Druckpunktmechanismus

**Symbol**




Der Druckpunktmechanismus gewährleistet ein sicheres Anschneiden des Gewindebohrers. Erst wenn die effektiv auftretende Axialkraft die normal zulässige Anschneidkraft übersteigt, gibt der Druckpunktmechanismus die Längenausgleichsbewegung frei. Dadurch werden reproduzierbare, gleichmäßige Gewindetiefen erreicht.



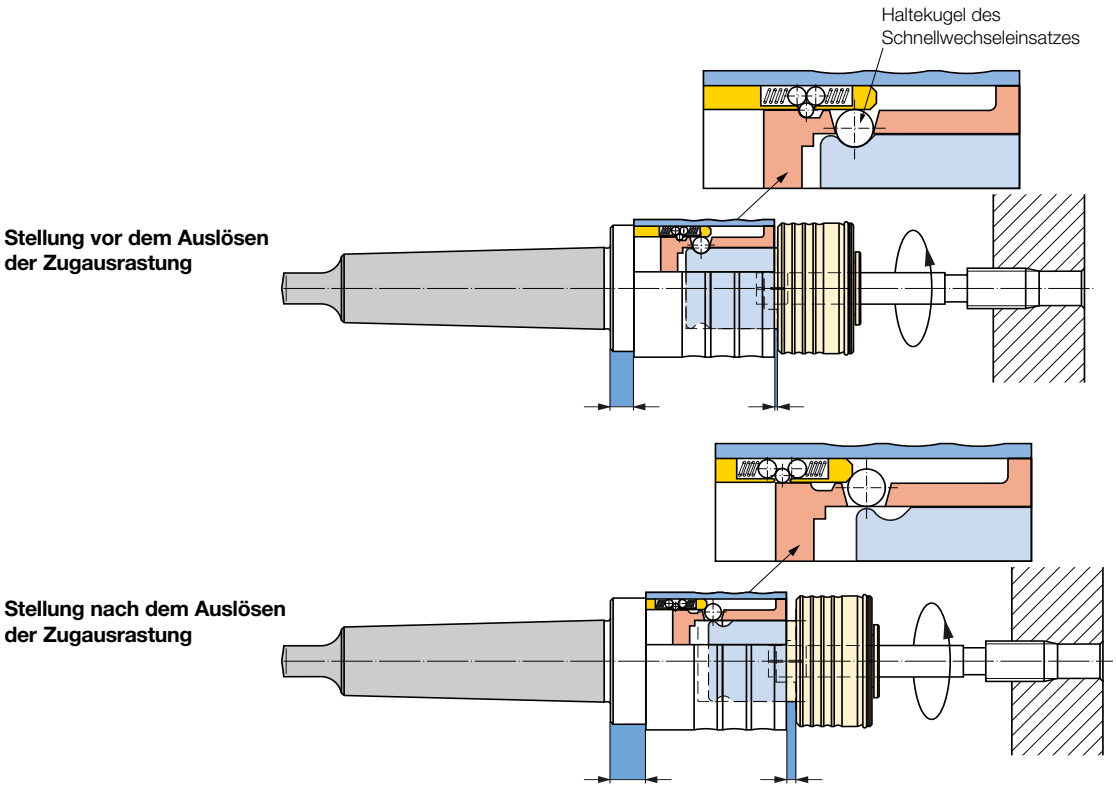

Der patentierte Druckpunktmechanismus garantiert ein sofortiges Anschneiden des Gewindebohrers.

### 19.1.5.3 Zugausrastung

**Symbol**



Die Zugausrastung schützt das Gewindeschneidfutter, den verwendeten Schnellwechseleinsatz, den Gewindebohrer, sowie das Werkstück vor Beschädigung infolge zu großer axialer Zugbelastung. Diese Belastungen können auftreten, wenn der Längenausgleichsweg überschritten wird, weil z.B. die Maschinenspindel im Umkehrpunkt des Gewindeschneidzykluses nachläuft oder der Eilvorschub bei der Werkzeugrückzugbewegung einsetzt, bevor der Gewindebohrer vollkommen aus dem Werkstück ausgetreten ist. In diesen Situationen rastet der Schnellwechseleinsatz automatisch aus dem Futter aus und vermeidet kostspielige Schäden.




Wenn bei einem Anwendungsfall der Einsatz während der Bearbeitung aus dem Futter ausrastet, sollte entweder

- die Programmierung der Drehzahl und des Vorschubs überprüft werden,
- die Drehzahl reduziert werden oder
- der Sicherheitsabstand Gewindebohrerspitze zur Werkstückoberfläche vergrößert werden.

### 19.1.5.4 Innere Kühlmittelzufuhr (IKZ)

**Symbol** IKZ

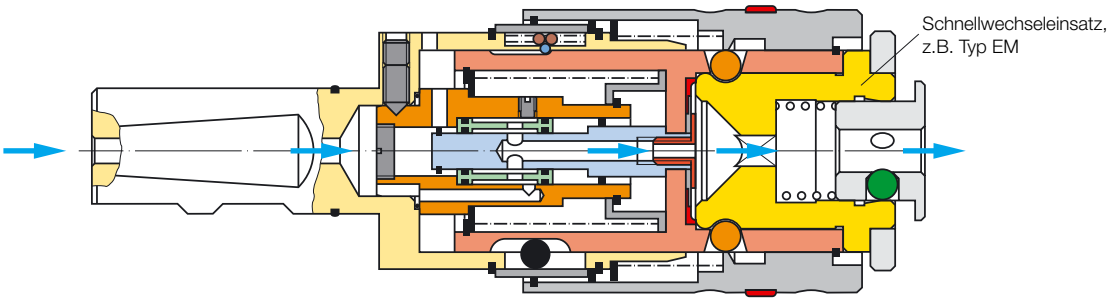
Ist eine Werkzeugmaschine mit innerer Kühlmittelzufuhr durch die Maschinenspindel ausgestattet, gestaltet sich der Gewindeschneidzyklus besonders wirtschaftlich, wenn das Kühlschmiermittel durch die axiale Bohrung im Gewindebohrer bzw. entlang des Gewindebohrers austritt.

Die Vorteile sind:

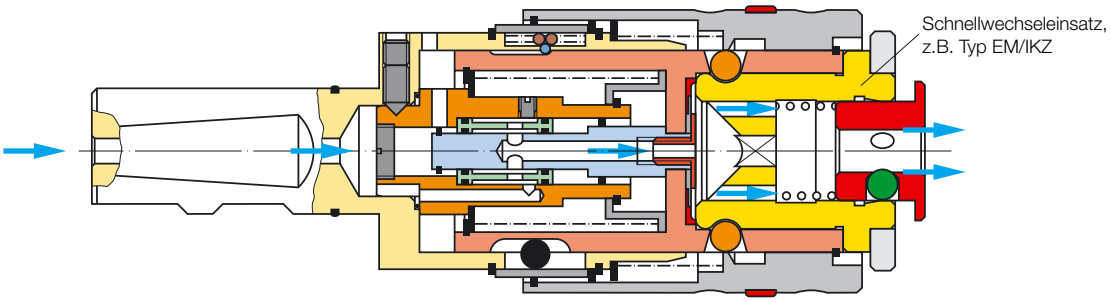
- optimale Schmierung an der Werkzeugschneide
- Verbesserung der Gewindegüte
- Herausschwemmen der Späne aus der Kernlochbohrung

Hier muss darauf geachtet werden, dass das verwendete Kühlschmiermittel entsprechend gefiltert wird und das verwendete Gewindeschneidfutter für die herrschenden Kühlschmierstoffdrücke ausgelegt ist.
Je nach Ausführung des Gewindebohrers, mit oder ohne innerer Kühlmittelzuführung, sind die Schnellwechseleinsätze in zwei Varianten erhältlich:

**Durchführung der inneren Kühlmittelzuführung bei Gewindebohrern mit IKZ**




**Durchführung der inneren Kühlmittelzuführung bei Gewindebohrern ohne IKZ**



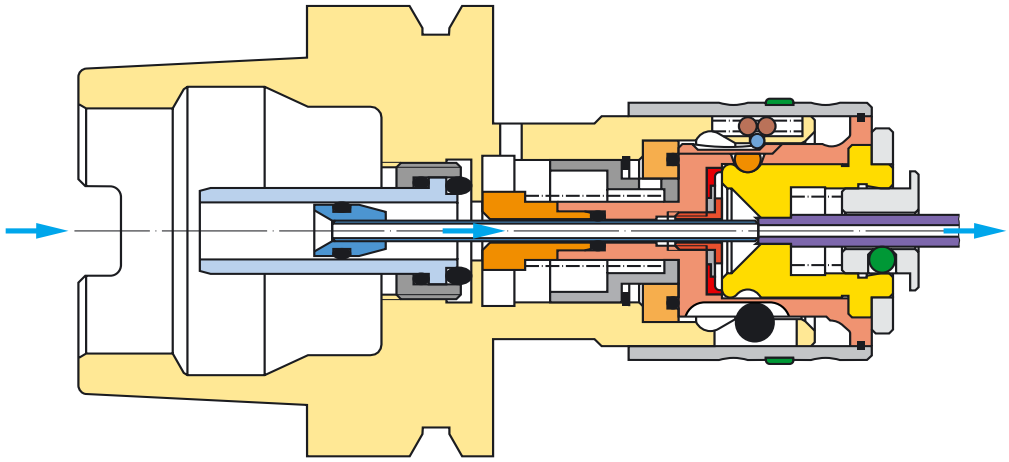
### 19.1.5.5 Innere Minimalmengenschmierung (MMS)

**Symbol** IKZ/ MMS

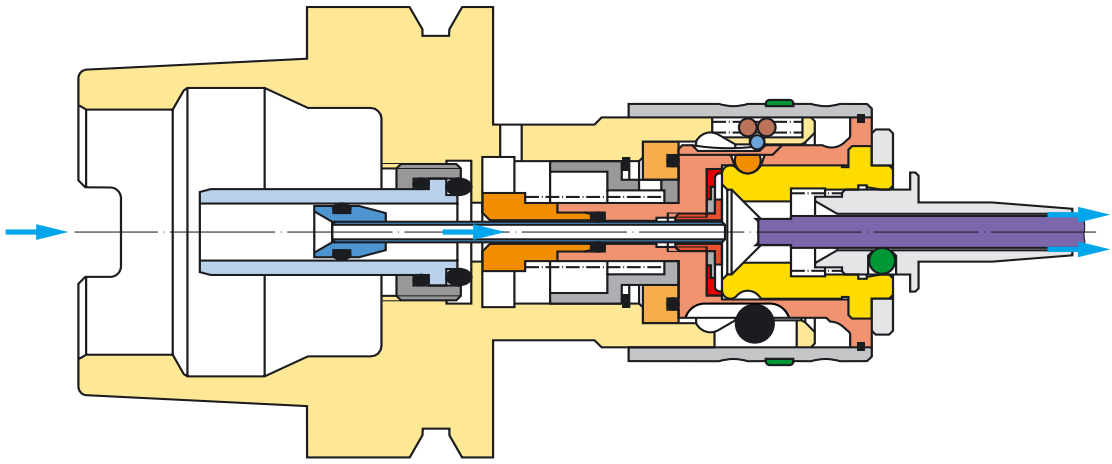
Geeignet für Maschinen, die mit einem zentralen Minimalmengenschmiersystem ausgerüstet sind – man spricht auch von „Trockenbearbeitung“. Zusätzlich zu den unter IKZ beschriebenen Vorteilen kommt noch die Umweltfreundlichkeit dieser neuen Werkzeugschmierung hinzu. Die hohen Schnittwerte können wie bei der Nassbearbeitung beibehalten werden.
Außerdem werden die Kosten durch Wegfall der Beschaffung und Wartung von aufwendigen Filtereinrichtungen, sowie der Entsorgung der Emulsionen reduziert.

Nachfolgende Bilder zeigen die konstruktive Lösung von Gewindeschneidfuttern, die speziell für die Verwendung von Minimalmengenschmiersystemen entwickelt wurden. Der Entmischung des durchströmenden Öl/Luft-Gemisches wird somit weitestgehend entgegengewirkt.

**Durchführung der inneren Kühlmittelzuführung bei Gewindebohrern mit IKZ**

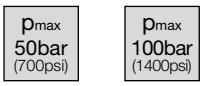


**Durchführung der inneren Kühlmittelzuführung bei Gewindebohrern ohne IKZ**



### 19.1.5.6 Kühlmitteldruck am Eintritt

**Symbol**




Mit diesen Gewindeschneidfuttern kann die innere Kühlmittelzufuhr durch das Gewindeschneidfutter bis zu einem maximalen Druck von 50 bzw. 100 bar, gemessen am Futtereintritt, geleitet werden. Durch eine spezielle Konstruktion wie z.B. bei Futtern der Typenreihe KSN/HD wird das Kühlmittel von der Spindel kommend zum Gewindebohrer geführt. Der Längenausgleich bleibt unabhängig vom Kühlmitteldruck in Funktion. Optimale Gewindeschneidergebnisse erzielt man durch Verwendung von Gewindebohrern mit innerer Kühlmittelzufuhr.

### 19.1.5.7 Oberflächenschutz

**Symbol**



Bei Gewindeschneidfuttern der Typenreihe KSN/HD sind alle Stahlteile mit einem hochwertigen, korrosionsbeständigen Oberflächenschutz versehen.

### 19.1.5.8 Achsparallele Pendelung

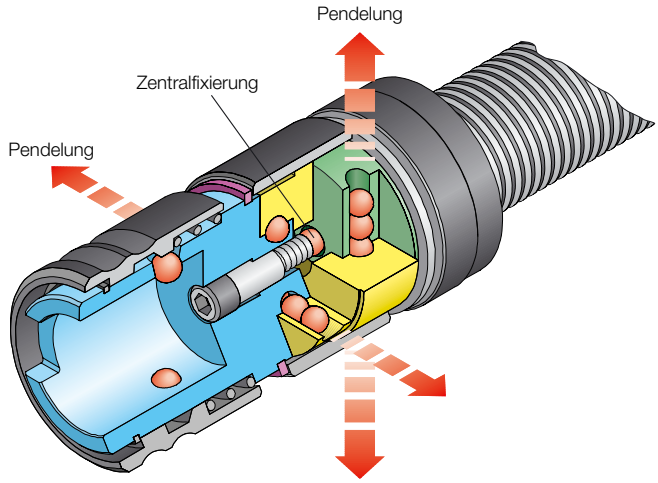
**Symbol**



Ein neuartiges Kugelpendelsystem (siehe nachfolgende Abbildung) stellt sicher, dass

- Fluchtungsfehler zwischen Maschinenspindel und Werkstückbohrung oder
- Rundlauffehler der Maschinenspindel ausgeglichen werden.

Mehr Informationen hierzu siehe **Kapitel 19.1.8.11**



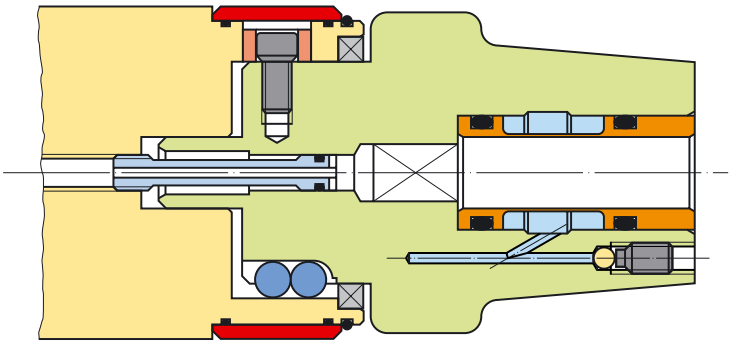
### 19.1.5.9 Hydrodehnspannsystem

**Symbol** 

Die Gewindebohrerklemmung erfolgt über ein Hydrodehnspannsystem. Durch eine spezielle konstruktive Lösung ist es möglich, auch Gewindebohrer nach Norm (**Schafttoleranz h9**) zu spannen.

Mehr Informationen hierzu siehe **Kapitel 19.1.8.9**.

**Schnitt durch ein Gewindeschneidfutter der Typenreihe KSN/Softhydro**



### 19.1.5.10 Wendegetriebe

**Symbol** 

Der Drehrichtungswechsel erfolgt über ein im Gewindeschneidapparat integriertes Wendegetriebe. Durch Zurückziehen der Vorschubeinheit (Z-Achse) wird das Gewindeschneidwerkzeug vom Rechts- in den Linkslauf gebracht. Die Maschinenspindel befindet sich während des gesamten Gewindeschneidprozesses rechtsdrehend. Mehr Informationen hierzu siehe **Kapitel 19.1.9**.

### 19.1.5.11 Überlastkupplung

**Symbol** 

Die von EMUGE entwickelte **Wellenprofilüberlastkupplung** zeichnet sich durch eine hohe Verschleißfestigkeit aus. Fettkammern zwischen dem oberen und unteren Kupplungsring sorgen für eine Permanentschmierung während des Überlastprozesses. Beim Überschreiten des eingestellten Drehmomentes unterbricht die Überlastkupplung die Drehmomentübertragung zwischen Maschinenspindel und Gewindebohrer während des Gewindeschneidvorganges. Dadurch wird der Gewindebohrer vor Bruch geschützt, z.B. beim Auffahren auf Grund bei Grundlochgewinden.



### 19.1.5.12 Gewindebohreradaptierung

**Symbol** EM über Schnellwechseleinsätze



**Symbol** ER(GB) über (GB-) Spannzangen



**Symbol** Rubber Flex über Rubber-Flex-Spannzangen



Die Gewindebohreradaptierung erfolgt in der Regel mit Aufnahmen, in denen das auftretende Schnittmoment über das Vierkant am Gewindebohrer an die Vierkantmitnahme in der Aufnahme übertragen wird.

Die seit Jahren gängigsten Aufnahmen sind die Schnellwechseleinsätze.

**Vorteil:** Der Gewindebohrer kann, wie der Name bereits verrät, mit einem Handgriff ausgewechselt werden. EMUGE bietet eine Vielzahl von Typen mit unterschiedlichen Funktionen an.
Mehr Informationen hierzu siehe **Kapitel 19.2**.

Kriterien wie z.B. höhere Schnittgeschwindigkeiten, Gewindebohrer aus Hartmetall oder innere Kühlmittelzufuhr machten eine Umstellung der Gewindebohreraufnahme erforderlich. Durchgesetzt haben sich beim Gewindeschneidprozess Spannzangen, die sich an die DIN 6499 anlehnen. Einziger Unterschied: Die Spannzangen sind mit einem Innenvierkant versehen, welches – wie bereits erwähnt – das anstehende Drehmoment überträgt.

**Vorteil:** Hohe Rundlaufqualität und sichere Klemmung des Gewindebohrers.
Mehr Informationen hierzu siehe **Kapitel 19.3.4**.

Rubberflex-Spannzangen haben ihr Haupteinsatzgebiet bei den EMUGE-Gewindeschneidapparaten der Typenreihe GR, die an konventionellen Bohrmaschinen zur Anwendung kommen.

**Vorteil:** Der Spannbereich der Gummispannzangen mit einvulkanisierten Stahlsegmenten beträgt, je nach Spannzangengröße, bis zu 6 mm. Somit kann der Schneidbereich eines Apparates bereits mit zwei Spannzangen abgedeckt werden.

# Aufnahmen und Futter

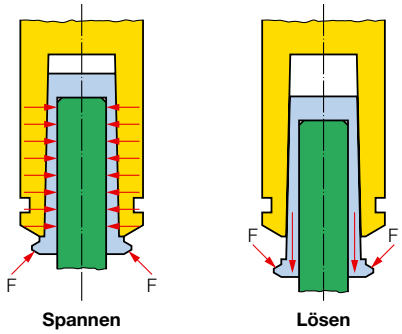
**Symbol** PGR über Spannzangen PGR (-GB)



➤ *Mehr Informationen zum System PGR siehe Kapitel 19.3.9*

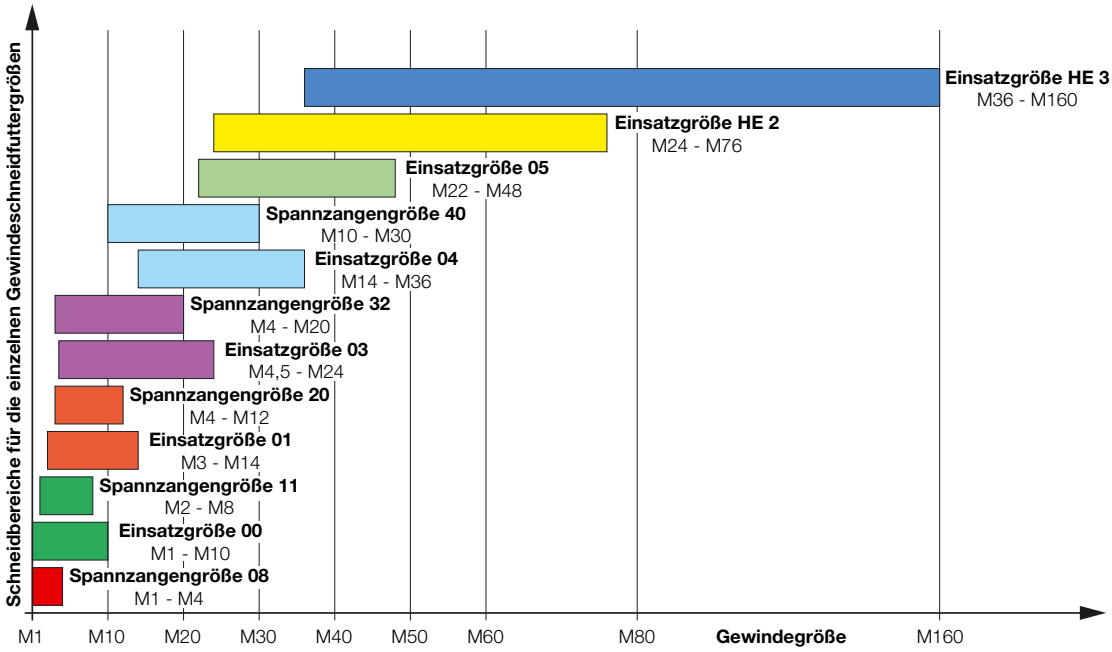
Höchste Rundlaufgenauigkeiten und maximale axiale Haltekräfte bzw. übertragbare Drehmomente waren bislang die Domäne von thermischen Schrumpf- bzw. Hydrodehnspannsystemen. Die Spannzangen vom Typ PGR stehen hier als mechanische Kraftschrumpfalternative zu diesen Systemen.
**Vorteil:** Bei Verwendung der Spannzangenausführung PGR 15 (25) GB können Standardgewindebohrer gespannt werden. Das Toleranzfeld überdeckt den h9-Bereich. Bei den Alternativsystemen werden in der Regel Sonderwerkzeuge benötigt, da diese nur h6 überbrücken können.
Ausnahme: EMUGE KSN/Softhydro.

**Spannprinzip:**
Spannzange sowie Aufnahmebohrung des Spannfutters weisen einen schlanken Kegel auf. Die im Übermaß gefertigten Spannzangen werden auf definierte Tiefe in die jeweilige Aufnahme eingepresst.




## 19.1.6 Schneidbereich

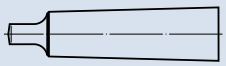
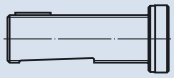
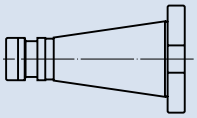
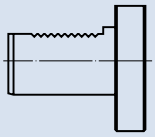
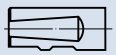
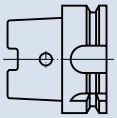
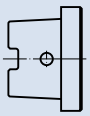
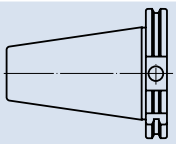
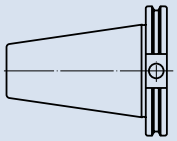
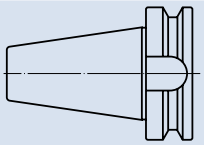
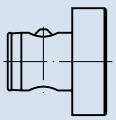
Der Schneidbereich der sieben Gewindeschneidfuttergrößen mit Gewindebohreradaptierung über Schnellwechseleinsätze umfasst M1 bis M160. Nachfolgendes Diagramm zeigt die einzelnen Schneidbereiche pro Größe:




Die Vorauswahl der in der Werkzeugmaschine verwendeten Futtergröße richtet sich nach Faktoren wie z.B. Gewindegröße, Material und Schmierung. Wir empfehlen grundsätzlich, den Futtertyp auszuwählen, bei dem sich das zu erzeugende Gewinde im mittleren Schneidbereich des Futters bewegt. Bei der Verwendung des erweiterten Schneidbereiches (z.B. bei Größe 01, Spanndurchmesser 12 mm = M16) ist darauf zu achten, dass nur Feingewinde geschnitten werden dürfen.

### 19.1.7 Schaftausführungen

Die Schaftaufnahme des Gewindeschneidfutters in der Maschine ist durch den Werkzeugmaschinenhersteller vorgegeben. Von EMUGE bevorzugte Schaftvarianten:

| Schaft | Norm | bevorzugter Maschinentyp |
|---|---|---|
|  | DIN 228 B (ANSI B5.10) | Säulen-, Ständerbohrmaschinen |
|  | DIN 6327 (ANSI B5.11) | Mehrspindelköpfe, Transferstraßen |
|  | DIN 2080 (ANSI B5.18) | Fräsmaschinen |
|  | DIN 69880 (VDI 3425) | CNC-Drehmaschinen |
|  | DIN 1835 B + E (ANSI B94.19) | zur Adaptierung |
|  | DIN 69893 A | CNC-Bearbeitungszentren<br>mit automatischem Werkzeugwechsel |
|  | DIN 69893 C | CNC-Bearbeitungszentren<br>mit manuellem Werkzeugwechsel |
|  | DIN 69871 A, AD, B | CNC-Bearbeitungszentren |
|  | ANSI B5.50 | CNC-Bearbeitungszentren |
|  | JIS B 6339 (MAS BT) | CNC-Bearbeitungszentren |
|  | ABS System Komet | zur Adaptierung |



# Aufnahmen und Futter

## 19.1.8 Gewindeschneidfutter

Nachfolgend wird der Einsatzbereich und die Spezifikationen der einzelnen EMUGE-Gewindeschneidfuttertypen aufgezeigt. Die Erläuterung der Symbole sind in **Kapitel 19.1.5** zu finden.

➤ *siehe auch:*




*Demos/Gewindeschneidfutter/KSN*

### 19.1.8.1 Typ KSN



**Einsatzbereich:**
- CNC-Bearbeitungszentren
- Säulen-Bohrmaschinen

**Spezifikationen:**

C T Längenausgleich in Druck- und Zugrichtung

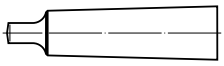
F Druckpunktmechanismus

EM Gewindebohreradaptierung über Schnellwechseleinsätze

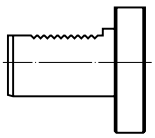
Zugausrastung

**Beschreibung:**
- Geringe, kompakte Auskraglänge
- Wechseln des Schnellwechseleinsatzes über Druck- und Zuglängenausgleich möglich
- Kennzeichnung: **gelber Ring** an der Griffbüchse

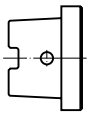
**Standard-Schäfte:**



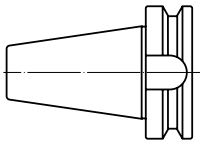
**DIN 228 B (ANSI B5.10)**



**DIN 69880 (VDI 3425)**



**DIN 69893 C**



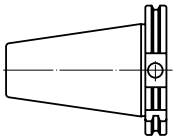
**JIS B 6339 (MAS BT)**



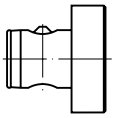
**DIN 6327 (ANSI B5.11)**



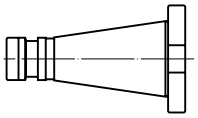
**DIN 1835 B + E (ANSI B94.19)**



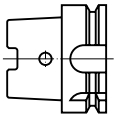
**DIN 69871 A, AD, B**



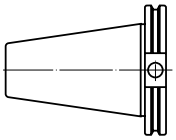
**ABS**



**DIN 2080 (ANSI B5.18)**



**DIN 69893 A**



**ANSI B5.50 metrisch ANSI B5.50 UNC**

## 19.1.8.2 Typ KSN/IKZ(Z)/MMS



IKZ nur in Verbindung mit Schnellwechseleinsatz Typ EM/IKZ/MMS möglich. Mehr Informationen hierzu siehe **Kapitel 19.2.2.3**.



**Einsatzbereich:**

- CNC-Bearbeitungszentren mit Minimalmengenschmierung

**Spezifikationen:**

C / T — Längenausgleich in Zugrichtung und Minimallängenausgleich in Druckrichtung

IKZ/ MMS — Minimalmengenschmierung

EM/ MMS — Gewindebohreradaptierung über Schnellwechseleinsätze für Minimalmengenschmierung (bei KSN/IKZ/MMS)

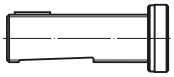
pmax 10bar (140psi) — Kühlmitteldruck am Futtereintritt

Zugausrastung

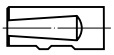
**Beschreibung:**

- Gewindeschneidfutter konzipiert für Minimalmengenschmierung bis 10 bar Druckluft
- zielgerichtete, strömungsoptimierte Führung des Kühlschmierstoffes durch das Zentrum des Gewindeschneidfutters und den Schnellwechseleinsatz (bei KSN/IKZ/MMS)
- umweltschonende Schmierung
- hohe Schnittwerte wie bei der Nassbearbeitung können beibehalten werden
- geringe, kompakte Auskraglänge
- Wechseln des Schnellwechseleinsatzes über Zuglängenausgleich
- Kennzeichnung: **grüner Ring** an der Griffbüchse

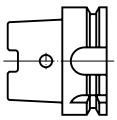
**Standard-Schäfte:**



**DIN 6327 (ANSI B5.11)**



**DIN 1835 B + E (ANSI B94.19)**



**DIN 69893 A**

*siehe auch:*




*Demos/Gewindeschneidfutter/KSN-MMS*



# Aufnahmen und Futter

➤ *siehe auch:*




*Demos/Gewindeschneid-futter/KSN-HD*

## 19.1.8.3 Typ KSN/HD




**Einsatzbereich:**

- CNC-Bearbeitungszentren mit innerer Kühlmittelzufuhr

**Spezifikationen:**

| | |
|---|---|
| C / T — Längenausgleich in Druck- und Zugrichtung | IKZ — Innere Kühlmittelzufuhr |
| F — Druckpunktmechanismus | pmax 50bar (700psi) — Kühlmitteldruck am Futtereintritt |
| EM — Gewindebohreradaptierung über Schnellwechseleinsätze | — Oberflächenschutz |
| Zugausrastung | |

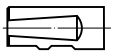
**Beschreibung:**

- Gewindeschneidfutter für innere Kühlmittelzufuhr bis 50 bar
- hohe Schnittwerte durch optimale Schmierung an der Werkzeugschneide
- geringe, kompakte Auskraglänge
- Wechseln des Schnellwechseleinsatzes durch einfaches Zurückziehen der Griffbüchse
- Kennzeichnung: **roter Ring** an der Griffbüchse

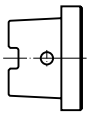
**Standard-Schäfte:**



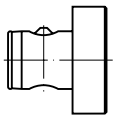
**DIN 6327 (ANSI B5.11)**



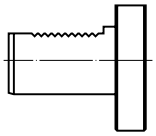
**DIN 1835 B + E (ANSI B94.19)**



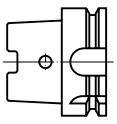
**DIN 69893 C**



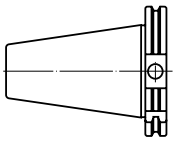
**ABS**



**DIN 69880 (VDI 3425)**



**DIN 69893 A**



**DIN 69871 A, AD, B**

### 19.1.8.4 Typ KSN/Synchro



**Einsatzbereich:**

- CNC-Bearbeitungszentren mit Synchronsteuerung

**Spezifikationen:**

ER(GB) Werkzeugadaptierung über Spannzangen

pmax 100bar (1400psi) Kühlmitteldruck am Futtereintritt

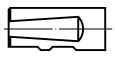
IKZ Innere Kühlmittelzufuhr

**Beschreibung:**

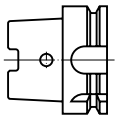
- starres Spannzangenfutter für Maschinen mit Synchronsteuerung oder Leitspindel
- Gewindebohreradaptierung über Stahlspannzangen DIN 6499 bzw. Stahlspannzangen mit Vierkant (mehr Informationen hierzu siehe **Kapitel 19.3.4**)

Dichtscheiben, die bei Gewindebohrern mit innerer Kühlmittelzufuhr zum Einsatz kommen, sind in **Kapitel 19.3.6** zu finden.

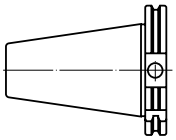
**Standard-Schäfte:**



**DIN 1835 B + E (ANSI B94.19)**

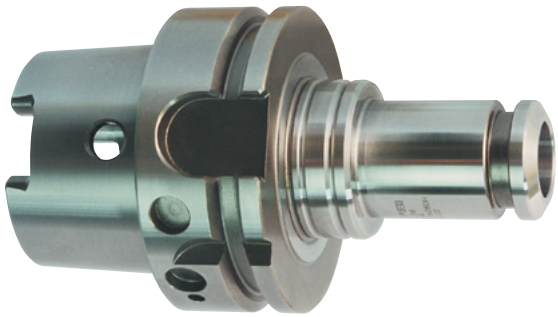


**DIN 69893 A**



**DIN 69871 A, AD, B**

### 19.1.8.5 Typ KSN/Synchro/PGR



**Einsatzbereich:**

- CNC-Bearbeitungszentren mit Synchronsteuerung

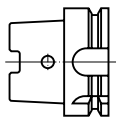
**Spezifikationen:**

| | |
|---|---|
| IKZ | Innere Kühlmittelzufuhr |
| $p_{max}$ 50bar (700psi) | Kühlmitteldruck am Futtereintritt |
| PGR | Werkzeugadaptierung über Spannzangen Typ PGR |

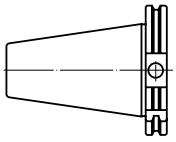
**Beschreibung:**

- starres Spannzangenfutter für Maschinen mit Synchronsteuerung oder Leitspindel
- Werkzeugspannung über Kraftschrumpfen
- Werkzeugadaptierung erfolgt über Stahlspannzangen Typ PGR (GB)
  (mehr Informationen hierzu siehe **Kapitel 19.3.5**)

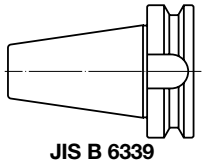
**Standard-Schäfte:**



**DIN 69893 A**



**DIN 69871 A**



**JIS B 6339 (MAS BT)**

### 19.1.8.6 Typ KSN/Softsynchro




**Einsatzbereich:**

- CNC-Bearbeitungszentren mit Synchronsteuerung

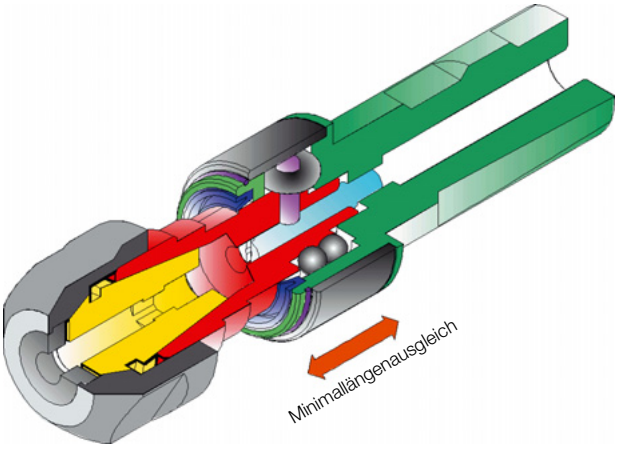
**Spezifikationen:**

| | |
|---|---|
| C / T | Minimallängenausgleich in Druck- und Zugrichtung |
| IKZ | Innere Kühlmittelzufuhr |
| ER(GB) | Werkzeugadaptierung über Spannzangen |
| pmax 50bar (700psi) | Kühlmitteldruck am Futtereintritt |

**Beschreibung:**

**Die Synchronspindel**

Bei der Synchronspindel werden zwei unabhängige Antriebseinheiten, die Spindeldrehbewegung und der Vorschubantrieb, durch eine elektronische Regelung entsprechend der Gewindesteigung synchronisiert. Diese theoretische Übereinstimmung führt beim Anwender zu der Annahme, dass Gewindebohrer in starren Werkzeugaufnahmen im sogenannten „Rigid Tapping“ ohne Probleme eingesetzt werden können.
Die praktische Anwendung von Synchronspindeln zeigt jedoch, dass die Dynamik der Spindel- und Linearantriebe Synchronisationsfehler erzeugt. Diese minimalen Differenzen führen über das starre Gewindewerkzeug zu Verspannungen im System, die sich nachteilig auf den Gewindeschneidprozess auswirken.




**Der Gewindebohrer**

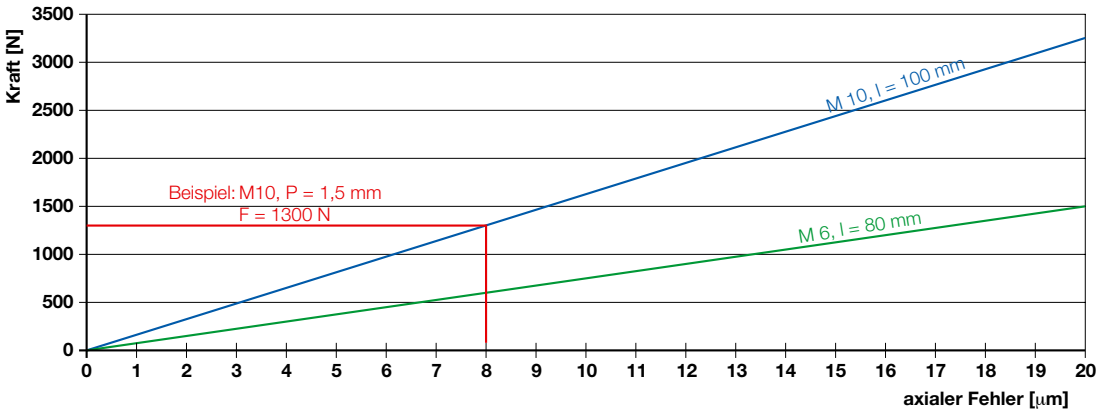
Für Gewindebohrer sind in der europäischen Norm **EN 22857** die Abmessungen und Toleranzen für geschliffene Gewinde festgelegt. Darin ist für die Gewindebohrersteigungstoleranz eine Abweichung von ± 8 µm, bezogen auf eine definierte Anzahl von Gewindegängen, zugelassen.



# Aufnahmen und Futter

Beispiel: Für einen Gewindebohrer **M10** mit **1,5 mm** Steigung ist eine Toleranz von **±8 µm**, bezogen auf die Prüflänge von 7 Gängen, nach Norm zugelassen. Im ungünstigsten Fall kann durch diese Längenänderung des Gewindebohrers theoretisch eine Axialkraft von ca. 1300 N entstehen (siehe nachfolgendes Kraft-Weg-Diagramm).

**Kraft-Weg-Diagramm**
Benötigte Kräfte für die Längenänderung eines Gewindebohrers




Auswirkungen auf den Gewindeschneidprozess:
- verringerte Standzeit durch einseitigen Flankenabrieb am Gewindewerkzeug
- unsaubere Gewindeflanken am geschnittenen Gewindeprofil
- nicht lehrenhaltige Gewinde

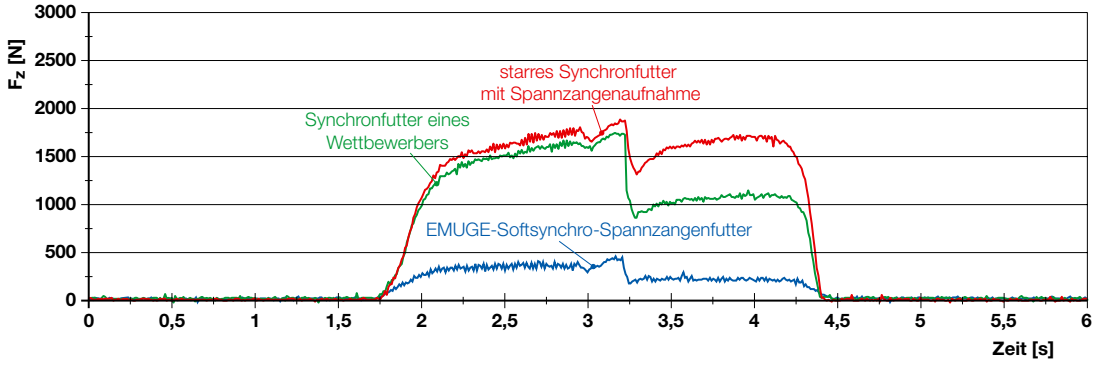
**Das EMUGE-Softsynchro-Gewindeschneidfutter**
- wirkt als Dämpfungsglied zwischen Synchronspindel und Gewindebohrer bzw. Gewindefurcher und gleicht dadurch Steigungsdifferenzen zwischen Gewindewerkzeug und Synchronspindel aus
- weist die hohe Rundlaufgenauigkeit einer starren Werkzeugaufnahme auf
- spannt den Gewindebohrer bzw. Gewindefurcher fest durch Spannzangen mit Vierkantaufnahme
- benötigt keine Gewindebohrer mit Sonderschaft
- gewährt die Prozesssicherheit beim synchronen Gewindeschneiden

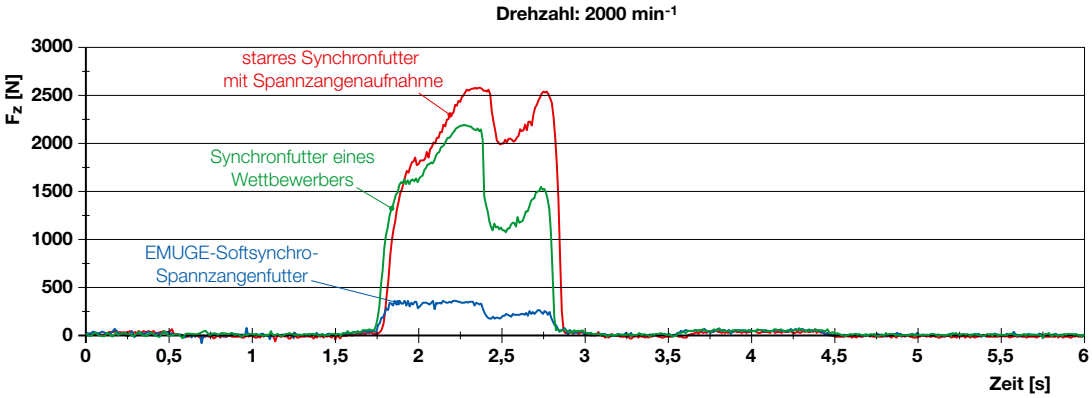
**Praktische Anwendung**
Es wurden zahlreiche Versuche zu diesem Thema mit Gewindebohrern und Gewindefurchern durchgeführt. Nachfolgend sind die auftretenden Axialkräfte beim Gewindefurchen von M10 in St37 dargestellt.
Es wurden die Axialkräfte bei zwei Drehzahlen, 500 $min^{-1}$ und 2000 $min^{-1}$, aufgezeichnet.

Folgende Gewindeschneidfutter wurden getestet:
a) starres Synchronfutter mit Spannzangenaufnahme
b) EMUGE-Softsynchro-Spannzangenfutter der Größe 01 mit Minimallängenausgleich auf Zug und Druck
c) Synchronfutter eines Wettbewerbers mit Minimallängenausgleich mit axialer Dämpfung

Bei allen getesteten Futtern wurde eine Spannzange vom Typ ER20-GB, also mit integriertem Vierkant, verwendet.

**Drehzahl: 500 $min^{-1}$**



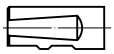



Folgende Erkenntnisse können aus den Versuchen gewonnen werden:

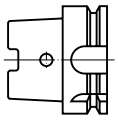
- die Axialkräfte nehmen mit steigender Drehzahl zu
- die auftretenden Kräfte beim Gewindefurchen mit einem starren Synchronfutter mit Spannzangenaufnahme sind erheblich höher als beim Gewindefurchen mit dem EMUGE-Softsynchro-Spannzangenfutter
- das Wettbewerbs-Synchronfutter dämpft im Vergleich zum starren Synchronfutter die Kräfte nur leicht

**Fazit:**
Mit dem EMUGE-Softsynchro-Spannzangenfutter ist eine Nutzung der Synchronspindel bei der Gewindeherstellung optimal möglich, bei bestmöglicher Standzeit und Gewindeoberflächenqualität.

**Standard-Schäfte:**



**DIN 1835 B + E**
**(ANSI B94.19)**



**DIN 69893 A**

## 19.1.8.7 Typ KSN/Softsynchro/MMS



**Einsatzbereich:**

- CNC-Bearbeitungszentren mit Synchronsteuerung und Minimalmengenschmierung

**Spezifikationen:**

C
T
Minimallängenausgleich
in Druck- und Zugrichtung

IKZ/
MMS
Minimalmengenschmierung

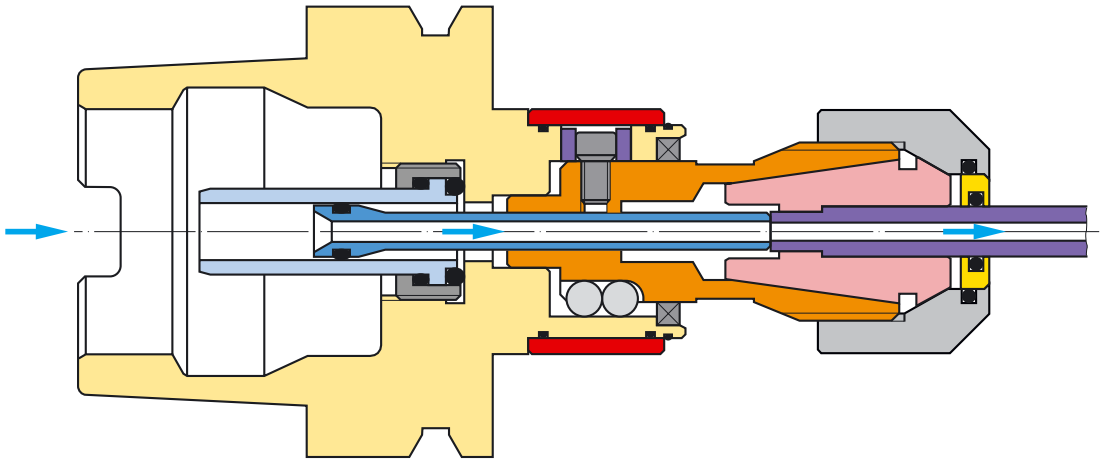
ER(GB)
Werkzeugadaptierung
über Spannzangen

pmax
10bar
(140psi)
Kühlmitteldruck
am Futtereintritt

# Aufnahmen und Futter

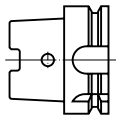
**Beschreibung:**
Durch die Weiterentwicklung des Gewindeschneidfutters der Typenreihe KSN/Softsynchro entstand die Variante KSN/Softsynchro/MMS, speziell für Maschinen mit Synchronsteuerung und **Minimalmengenschmierung**. Die wesentlichen Leistungsmerkmale können wie folgt zusammengefasst werden:

- Spannzangenfutter für Minimalmengenschmierung in Verbindung mit Spannzangen des Typs ER (GB) und Gewindebohrern mit IKZ-Bohrung
- zielgerichtete, strömungsoptimierte Führung des Kühlschmierstoffes durch das Zentrum des Futters bis zum IKZ-Kanal des Gewindebohrers mittels angefedertem Kühlmittelrohr
- umweltschonende Schmierung
- hohe Schnittwerte wie bei der Nassbearbeitung
- einfache Handhabung



**Gewindeschneidfutter KSN1/Softsynchro/MMS mit Spannzange, Dichtscheibe und Gewindebohrer**

**Standard-Schäfte:**



**DIN 69893 A**

### 19.1.8.8 Typ KSN/Softhydro




**Einsatzbereich:**

- CNC-Bearbeitungszentren mit Synchronsteuerung

**Spezifikationen:**

C
T
Minimallängenausgleich in Druck- und Zugrichtung

IKZ
Innere Kühlmittelzufuhr

pmax 50bar (700psi)
Kühlmitteldruck am Futtereintritt

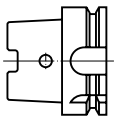
Hydrodehnspannsystem

**Beschreibung:**

Das Gewindeschneidfutter der Typenreihe KSN/Softhydro wurde dem Typ KSN/Softsynchro angegliedert. Die Gewindebohrerklemmung erfolgt über einen Hydrodehnspannkopf.

- Hydrodehnspannfutter zur Klemmung von Gewindebohrern nach Norm **(Schafttoleranz h9)**
- formschlüssige, sichere Übertragung des Drehmoments durch das in die Bohreraufnahme integrierte Vierkant
- Minimallängenausgleich in Druck- und Zugrichtung gleicht Minimalsteigungsdifferenzen zwischen der Synchronspindel und dem Gewindebohrer aus

**Standard-Schäfte:**



**DIN 69893 A**

# Aufnahmen und Futter

## 19.1.8.9 Typ KSN/Softsynchro/PGR



**Einsatzbereich:**
- CNC-Bearbeitungszentren mit Synchronsteuerung

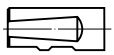
**Spezifikationen:**

| | | | |
|---|---|---|---|
| C ↕ T | Minimallängenausgleich in Druck- und Zugrichtung | IKZ | Innere Kühlmittelzufuhr |
| pmax 50bar (700psi) | Kühlmitteldruck am Futtereintritt | EM | Werkzeugadaptierung über Spannzangen Typ PGR |

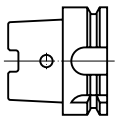
**Beschreibung:**
Als Ergänzung der Softsynchro-Futterreihe stellt das KSN/Softsynchro/PGR eine Alternative zu thermischen Schrumpf- bzw. Hydrodehnsystemen dar. Die Werkzeugklemmung erfolgt über Spannzangen, welche durch Kraftschrumpfen in die Aufnahme gepresst werden.

- sicheres Spannen von Gewindebohrern nach Norm **(Schafttoleranz h9)**
- sehr gute Rundlaufeigenschaften
- hohe übertragbare Drehmomente
- Werkzeugvoreinstellung ist in der Spannzange integriert
- zum Spannen von Hartmetall- und HSS-Gewindebohrern
- einfache und schnelle Bedienung – Werkzeugwechsel innerhalb von 30 Sekunden möglich
- Längeneinstellung über die in den Spannzangen integrierte Einstellschraube

**Standard-Schäfte:**



**DIN 1835 B + E (ANSI B94.19)**



**DIN 69893 A**

### 19.1.8.10 Typ SFM



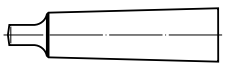

**Einsatzbereich:**
- Transferstraßen
- Maschinen mit Leitspindel

**Spezifikationen:**

| | |
|---|---|
| EM | Gewindebohreradaptierung über Schnellwechseleinsätze |

**Beschreibung:**
- ohne Längenausgleich
- kurze Bauart und schlanke Ausführung
- durch das Fehlen eines Längenausgleiches muss sichergestellt sein, dass der Gewindeschneidzyklus „synchron“, z.B. über Leitspindel, geschnitten wird

**Standard-Schäfte:**



**DIN 228 B**
**(ANSI B5.10)**



**DIN 6327**
**(ANSI B5.11)**

➤ *siehe auch:*




*Demos/Gewindeschneid-futter/SFM-NP*

## 19.1.8.11 Typ SFM-NP

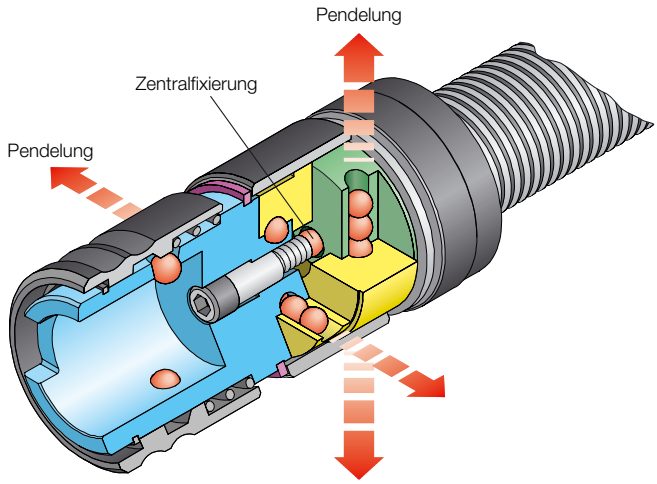



**Einsatzbereich:**
- Transferstraßen
- Maschinen mit Leitspindel

**Spezifikationen:**

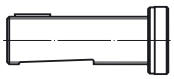
| | | | |
|---|---|---|---|
| EM | Gewindebohreradaptierung über Schnellwechseleinsätze |  | Achsparallele Pendelung |

**Beschreibung:**
- ohne Längenausgleich
- achsparallele Kugelpendelung, die
  - Fluchtungsfehler zwischen Maschinenspindel und Werkzeugbohrung oder
  - Rundlauffehler der Maschinenspindel ausgleicht



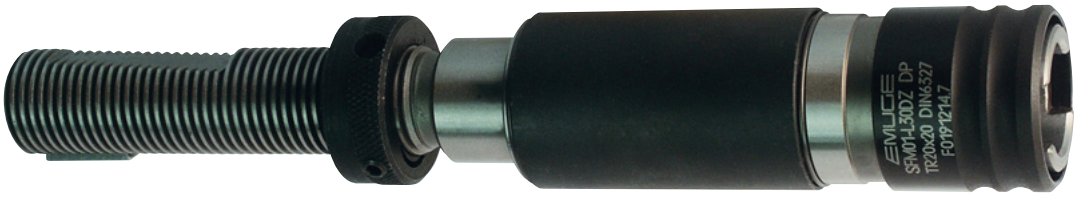

Zwei parallel und um 90° versetzte Bohrungen bilden eine präzise Kugel-Linearführung. Durch diese Anordnung ist die Funktion der „Parallel-Pendelung“ optimal gelöst.

**Standard-Schäfte:**



**DIN 6327**
**(ANSI B5.11)**

## 19.1.8.12 Typ SFM-L (-DZ)




**Einsatzbereich:**
- Transferstraßen
- Mehrspindelmaschinen

**Spezifikationen:**

C T — Längenausgleich in Druck- und Zugrichtung bei SFM-L-DZ

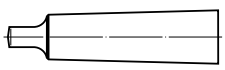
C — Längenausgleich in Druckrichtung bei SFM-L

F — Druckpunktmechanismus

EM — Gewindebohreradaptierung über Schnellwechseleinsätze

**Beschreibung:**
- schlanke Ausführung
- mit Längenausgleich in
  - Druckrichtung bei Typ SFM-L oder
  - Druck- und Zugrichtung bei Typ SFM-L-DZ
  - optional nur in Zugrichtung Typ SFM-L-Z lieferbar
- der gesamte Längenausgleichsweg beträgt in Abhängigkeit von der Futtergröße 20, 30 oder 40 mm
- die Ausführungen SFM-L und SFM-L-DZ besitzen standardmäßig einen Druckpunktmechanismus

**Standard-Schäfte:**



**DIN 228 B (ANSI B5.10)**



**DIN 6327 (ANSI B5.11)**



# Aufnahmen und Futter

➤ *siehe auch:*




*Demos/Gewindeschneid-futter/HF*

## 19.1.8.13 Typ HF



**Einsatzbereich:**

- Großbohrmaschinen
- Bohrwerke

**Spezifikationen:**

C T — Längenausgleich in Druck- und Zugrichtung

IKZ — Optional: Innere Kühlmittelzufuhr

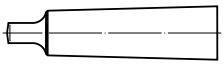
Integrierte Überlastkupplung

HE — Gewindebohreradaptierung über Schnellwechseleinsätze

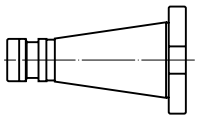
**Beschreibung:**

- zum Schneiden großer Gewinde
- Längenausgleich in Druck- und Zugrichtung
- Überlastkupplung
- durch Blockieren des Längenausgleiches über eine Arretierschraube kann die Bohr- und Gewindeschneidoperation ohne Auswechseln des Futters durchgeführt werden

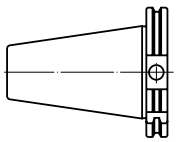
**Standard-Schäfte:**



**DIN 228 B (ANSI B5.10)**



**DIN 2080 (ANSI B5.18)**



**DIN 69871 A, AD, B**

## 19.1.9 Gewindeschneidapparate

Im Gegensatz zu den Gewindeschneidfuttern, bei denen der Drehrichtungswechsel über die Maschinenspindel erfolgt, wird dieser bei den Gewindeschneidapparaten durch ein integriertes Wendegetriebe – durch Zurückziehen der Vorschubeinheit – übernommen. Erläuterung der Symbole siehe **Kapitel 19.1.5**.

### 19.1.9.1 Typ GR




**Einsatzbereich:**
- Säulen-Bohrmaschinen

**Spezifikationen:**

C T — Längenausgleich in Druck- und Zugrichtung

Integrierte Überlastkupplung

Integriertes Wendegetriebe

Rubber Flex — Gewindebohreradaptierung über Rubber-Flex-Spannzangen

**Beschreibung:**
- Drehrichtungsänderung über das integrierte Wendegetriebe durch Zurückziehen der Maschinenspindel
- Übersetzungsverhältnis Vor- zu Rücklauf von 1:1,6 - 1,75 (je nach Größe). Die daraus resultierenden Vorteile sind:
  - Zeitersparnis durch kürzere Taktzeiten
  - Schonung der Maschine
  - Energieeinsparung durch nahezu gleichbleibende Stromaufnahme
- die Voraussetzung für den Einsatz des Gewindeschneidapparates ist die Aufnahme in eine angetriebene Maschinenspindel. Nach dem Einsetzen in die Maschine ist die Haltestange gegen Verdrehen in beide Drehrichtungen zu sichern
- Hinweis: Nur zum Schneiden von Rechtsgewinden geeignet

**Standard-, Einsteck- und Einschraubschäfte:**
(als Zubehör erhältlich)



**DIN 228 B**
**(ANSI B5.10)**



# Aufnahmen und Futter

➤ *siehe auch:*




*Demos/Gewindeschneid-futter/GRN-NC*

## 19.1.9.2 Typ GRN-NC



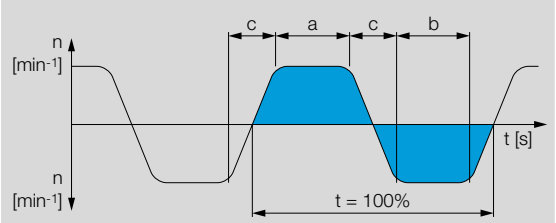
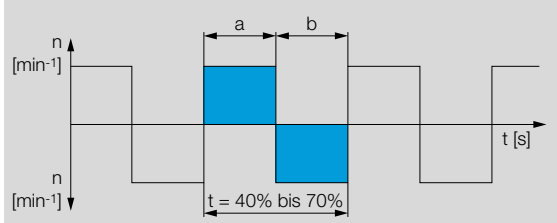
**Einsatzbereich:**
- CNC-Bearbeitungszentren

**Spezifikationen:**

| | |
|---|---|
| T | Längenausgleich in Zugrichtung |
| IKZ | Innere Kühlmittelzufuhr |
| | Integriertes Wendegetriebe |
| pmax 50bar (700psi) | Kühlmitteldruck am Futtereintritt |
| ER(GB) | Werkzeugadaptierung über Spannzangen |

**Beschreibung:**
- Gewindeschneidapparat mit integriertem Wendegetriebe
  Vorteile: – Zeitersparnis durch kürzere Taktzeiten
  – gleichbleibende Schnittgeschwindigkeiten
  – Schonung der Maschine
  – Energieeinsparung durch nahezu gleichbleibende Stromaufnahme
- die Voraussetzung für den Einsatz des Gewindeschneidapparates ist die Aufnahme in eine angetriebene Maschinenspindel
- Hinweis: Nur zum Schneiden von Rechtsgewinden geeignet

**Zeitbedarf beim Gewindeschneiden mit verschiedenen Futtern**

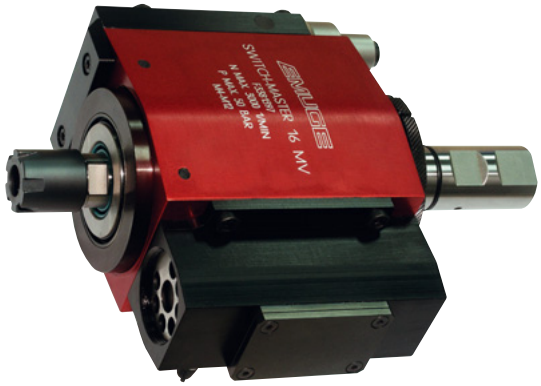
| Gewindeschneiden mit Synchronspindel | Gewindeschneiden mit Gewindeschneidapparat |
|---|---|
|  |  |



a = Zeit für Gewindeschneidvorgang
b = Zeit für Rücklauf des Gewindebohrers
c = Beschleunigungs-/Abbremszeit zwischen Rechts- und Linkslauf

- geeignet für Drehzahlen von 1.500-6.000 $min^{-1}$, abhängig von der Gewindeabmessung und der Apparatgröße
- sichere Klemmung des Gewindebohrers über ER-GB Stahlspannzangen
- Austauschbarkeit der Schäfte durch Adaptierung nach DIN 1835 B+E
- Aufbau der Transportarretierung im Baukastensystem
- Minimallängenausgleich in Druckrichtung zur Kompensation eventueller Steigungsdifferenzen zwischen Maschinenspindel und Gewindebohrersteigung
- in das Gehäuse integrierte Gummimembran zur inneren Druckkompensation während der Axialbewegung des Spannkopfes

### 19.1.9.3 Typ SWITCH-MASTER




**Einsatzbereich:**
- CNC-Bearbeitungszentren

**Spezifikationen:**

| | |
|---|---|
| T | Längenausgleich in Zugrichtung |
| IKZ | Innere Kühlmittelzufuhr |
| | Integriertes Wendegetriebe |
| pmax 50bar (700psi) | Kühlmitteldruck am Futtereintritt |
| ER(GB) | Werkzeugadaptierung über Spannzangen |

**Beschreibung:**
- Gewindeschneidapparat mit integriertem Wendegetriebe
  Vorteile: – Zeitersparnis durch kürzere Taktzeiten
  – gleichbleibende Schnittgeschwindigkeiten
  – Schonung der Maschine
  – Energieeinsparung durch nahezu gleichbleibende Stromaufnahme
- Umschaltung der Drehrichtung durch externe Hilfsenergie (6 bar Druckluft)
  Vorteile: – Vermeidung von axialen Schaltstößen auf den Gewindebohrer
  – minimierte Axialkraft auf die Gewindebohrerflanken
  – exakt definierter Umschaltpunkt
  – reduzierter Sicherheitsabstand zwischen Werkstück und Gewindebohrer
  – auf Grund kurzer Schaltwege verringert sich die Taktzeit
  – geringer Schaltgliedverschleiß durch extrem schnelles Umschalten der Drehrichtung (35 ms)
- innere Kühlmittelzufuhr bis 50 bar
- ruhiges, verschleißarmes Laufverhalten durch Ölbadschmierung
- sichere Abdichtung gegen Eindringen von Kühlmittel in das Gehäuse durch Trennung der axialen und radialen Bewegung des Spannkopfes
- Schneidbereich: M4 - M12
- max. zulässige Drehzahl: 3.000 $min^{-1}$
- zum Schneiden von Rechts- und Linksgewinden (bei Linksgewinde durch rechtsdrehende Maschinenspindel). Hinweis: Als Option erhältlich
- Schaft: Zylinderschaft 25 mm nach DIN 1835 B+E. Einfache Anpassung mit benötigtem Adaptionsschaft möglich
- optional als MMS-Ausführung lieferbar

## 19.2 Schnellwechseleinsätze

### 19.2.1 Schneidbereich

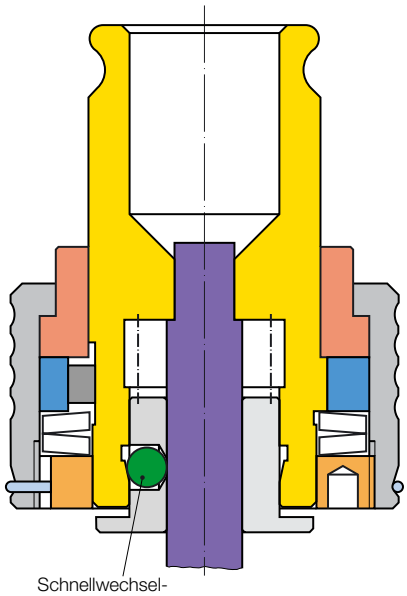
Wie bereits in **Kapitel 19.1.6** beschrieben, teilt sich der Schneidbereich der Schnellwechseleinsätze der **Typenreihe EM** in **5 Größen** auf. Es handelt sich um die Größen 00, 01, 03, 04 und 05. Der Schneidbereich umfasst M1 - M48.
Mit dem erweiterten Spannbereich der jeweiligen Größe dürfen nur Feingewinde geschnitten werden. Für große Gewinde stehen zwei Ausführungen des Typs HE in Verbindung mit HF-Futtern zur Verfügung. Das größte zu schneidende Gewinde ist M160.
Konzipiert wurden die Schneidbereiche zum Schneiden von Gewinden in Stahl mit einer Zugfestigkeit von 600 - 800 N/mm$^2$.

Beim Schneiden in hochfeste Stähle oder auch beim Gewindeformen empfehlen wir, bei Verwendung des oberen Schneidbereichs, die nächste Futtergröße zu verwenden.

### 19.2.2 Schnellwechseleinsatztypen

Die Adaptierung und Zentrierung der Gewindebohrer erfolgt über ein Schnellwechsel-Kugelspannsystem. Das beim Gewindeschneidvorgang entstehende Drehmoment wird über das im Schnellwechseleinsatz eingebrachte Vierkant übertragen.
Der benötigte Spanndurchmesser wird vom verwendeten Gewindebohrer vorgegeben.
Auf Grund des Schnellwechselprinzips wird für jeden Schaftdurchmesser ein separater Einsatz benötigt.

Für die unterschiedlichen Gewindebohrernormen bietet EMUGE Schnellwechseleinsätze für Gewindebohrerabmessungen in DIN, ISO und Inch an.



### 19.2.2.1 Typ EM

DIN ISO Inch



**Beschreibung:**
- Schnellwechseleinsatz in starrer Ausführung
- Haupteinsatzgebiet: Schneiden von Durchgangslochgewinden
- Schneiden von Rechts- und Linksgewinden möglich
- für innere Kühlmittelzufuhr in Verbindung mit IKZ-Gewindebohrern

**Verwendung:**
Diese Einsätze finden Verwendung in den Gewindeschneidfuttern:

| | | |
|---|---|---|
| **KSN** | **KSN/HD** | **KSN/IKZZ/MMS** |
| **SFM** | **SFM-NP** | **SFM-L (-DZ)** |

### 19.2.2.2 Typ EM/IKZ

DIN Inch

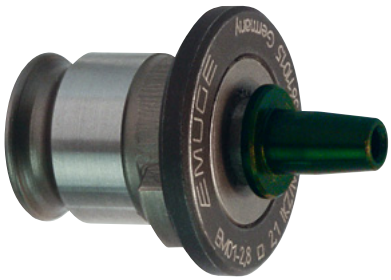


**Beschreibung:**
- Schnellwechseleinsatz in starrer Ausführung
- Haupteinsatzgebiet: Schneiden von Durchgangslochgewinden
- Schneiden von Rechts- und Linksgewinden möglich
- für innere Kühlmittelzufuhr in Verbindung mit Standard-Gewindebohrern entlang des Gewindebohrerschaftes

**Verwendung:**
Diese Einsätze finden Verwendung in den Gewindeschneidfuttern:
**KSN/HD**

### 19.2.2.3 Typ EM/IKZ/MMS

DIN



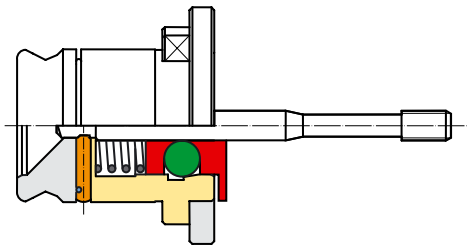
**Beschreibung:**
- Schnellwechseleinsatz in starrer Ausführung
- Haupteinsatzgebiet: Schneiden von Durchgangslochgewinden
- Schneiden von Rechts- und Linksgewinden möglich
- für innere Kühlmittelzufuhr, inbesondere für Minimalmengenschmierung, in Verbindung mit dem Gewindeschneidfutter Typ KSN/IKZ/MMS und Standard-Gewindebohrern entlang des Gewindebohrerschaftes

**Verwendung:**
Diese Einsätze finden Verwendung in den Gewindeschneidfuttern:
**KSN/IKZ/MMS**

### 19.2.2.4 Typ EM-E-Lock

DIN ISO Inch





**Beschreibung:**
- Schnellwechseleinsatz in starrer Ausführung
- Haupteinsatzgebiet: Spannen von Hartmetall-Gewindebohrern, IKZ-Gewindebohrern und Hochgeschwindigkeitsbearbeitung
- Schneiden von Rechts- und Linksgewinden möglich

Voraussetzung für die Aufnahme des Gewindebohrers in den EM-E-Lock-Einsatz ist, dass der Gewindebohrer an einer Vierkantfläche mit einer Nut versehen ist.
Für das Selbsteinschleifen dieser Nut sind dazugehörige Prüflehren von EMUGE verfügbar.

Die daraus resultierenden Vorteile sind:
- schnelles Wechseln des Gewindebohrers (kein Schlüssel notwendig)
- sichere Spannung durch Formschluss
- hohe Rundlaufgenauigkeit

Das Ein- bzw. Auswechseln des Gewindebohrers erfolgt bei herausgenommenen Einsatz aus dem Gewindeschneidfutter.

**Verwendung:**
Diese Einsätze finden Verwendung in den Gewindeschneidfuttern:

| | | |
|---|---|---|
| **KSN** | **KSN/HD** | **KSN/IKZZ/MMS** |
| **SFM** | **SFM-NP** | **SFM-L (-DZ)** |

### 19.2.2.5 Typ EM-U

DIN ISO Inch



**Beschreibung:**
- Schnellwechseleinsatz mit Überlastkupplung
- Haupteinsatzgebiet: Schneiden von Grundlochgewinden
- Schneiden von Rechts- und Linksgewinden möglich
- für innere Kühlmittelzufuhr in Verbindung mit IKZ-Gewindebohrern

**Verwendung:**
Diese Einsätze finden Verwendung in den Gewindeschneidfuttern:

| | |
|---|---|
| **KSN** | **KSN/HD** |
| **SFM-L (-DZ)** | **SFM-L-IR** |

### 19.2.2.6 Typ EM-U/IKZ

DIN Inch



**Beschreibung:**
- Schnellwechseleinsatz mit Überlastkupplung
- Haupteinsatzgebiet: Schneiden von Grundlochgewinden
- Schneiden von Rechts- und Linksgewinden möglich
- für innere Kühlmittelzufuhr in Verbindung mit Standard-Gewindebohrern entlang des Gewindebohrerschaftes

**Verwendung:**
Diese Einsätze finden Verwendung in den Gewindeschneidfuttern:
**KSN/HD**

### 19.2.2.7 Typ EM-L/IKZZ

DIN ISO



**Beschreibung:**
- Schnellwechseleinsatz mit Längennachstellung
- Haupteinsatzgebiet: Schneiden von Durchgangslochgewinden auf Mehrspindelmaschinen
- Schneiden von Rechts- und Linksgewinden möglich
- für innere Kühlmittelzufuhr in Verbindung mit IKZ-Gewindebohrern

**Verwendung:**
Diese Einsätze finden Verwendung in den Gewindeschneidfuttern:

| | | |
|---|---|---|
| **KSN** | **KSN/HD** | **SFM-L (-DZ)** |
| **SFM** | **SFM-NP** | |

### 19.2.2.8 Typ EM-UL/IKZZ

DIN ISO



**Beschreibung:**
- Schnellwechseleinsatz mit Überlastkupplung und Längennachstellung
- Haupteinsatzgebiet: Schneiden von Grundlochgewimden auf Mehrspindelmaschinen
- Schneiden von Rechts- und Linksgewinden möglich
- für innere Kühlmittelzufuhr in Verbindung mit IKZ-Gewindebohrern

**Verwendung:**
Diese Einsätze finden Verwendung in den Gewindeschneidfuttern:

| | |
|---|---|
| **KSN** | **KSN/HD** |
| **SFM-L (-DZ)** | **SFM-L-IR** |

### 19.2.2.9 Typ EM-Z/ER/IKZ

DIN



**Beschreibung:**
- Schnellwechseleinsatz mit Aufnahme für Spannzangen der Reihe ER (GB);
  mehr Informationen zu Spannzangen und Dichtscheiben siehe **Kapitel 19.3**
- Haupteinsatzgebiet: Bearbeitungsfälle, die eine starre Werkzeughalterung verlangen, wie z.B.
  - horizontaler Einsatz
  - Hartmetall-Gewindebohrer
- Schneiden von Rechts- und Linksgewinden möglich
- für innere Kühlmittelzufuhr

**Verwendung:**
Diese Einsätze finden Verwendung in den Gewindeschneidfuttern:

| | | |
|---|---|---|
| **KSN** | **KSN/HD** | **SFM-L (-DZ)** |
| **SFM** | **SFM-NP** | |

### 19.2.2.10 Typ EM/PGR/IKZ

DIN




**Beschreibung:**
- Kraftschrumpfen des Werkzeuges mittels Spannzangen vom Typ PGR-GB;
  mehr Informationen zu Spannzangen Typ PGR siehe **Kapitel 19.3.5**
- hohe axiale Haltekräfte und übertragbare Drehmomente
- Schneiden von Rechts- und Linksgewinden möglich
- für innere Kühlmittelzufuhr
- Längeneinstellung über die in den Spannzangen integrierte Einstellschraube

**Verwendung:**
Diese Einsätze finden Verwendung in den Gewindeschneidfuttern:

| | | |
|---|---|---|
| **KSN** | **KSN/HD** | **SFM-L (-DZ)** |
| **SFM** | **SFM-NP** | |

### 19.2.2.11 Typ EM-SE

DIN




**Beschreibung:**
- Schnellwechseleinsatz mit Aufnahme für Schneideisen nach DIN 223
- Haupteinsatzgebiet: Schneiden von Außengewinden
- Schneiden von Rechts- und Linksgewinden möglich
- für innere Kühlmittelzufuhr

**Verwendung:**
Diese Einsätze finden Verwendung in den Gewindeschneidfuttern:

| | | |
|---|---|---|
| **KSN** | **KSN/HD** | **SFM-L (-DZ)** |
| **SFM** | **SFM-NP** | |

### 19.2.2.12 Typ EM-ELSE

DIN




**Beschreibung:**
- Schnellwechseleinsatz mit Aufnahme für EMUGE-Elastik-Schneideisen; mehr Informationen zu EMUGE-Elastik-Schneideisen siehe **Kapitel 11.7**
- Haupteinsatzgebiet: Schneiden von Außengewinden
- Schneiden von Rechts- und Linksgewinden möglich
- für innere Kühlmittelzufuhr

**Verwendung:**
Diese Einsätze finden Verwendung in den Gewindeschneidfuttern:

| | | |
|---|---|---|
| **KSN** | **KSN/HD** | **SFM-L (-DZ)** |
| **SFM** | **SFM-NP** | |

### 19.2.2.13 Typ EM-R



**Beschreibung:**
- Mit der Typenreihe EM-R können die Spannbereiche nach unten erweitert werden. So lassen sich z.B. in den Reduziereinsatz Typ EM03/01-R alle Schnellwechseleinsätze der Größe 01 einsetzen.
- Die Adaptierung der Einsätze erfolgt über ein Schnellwechsel-Spannsystem. Der Einsatz wird in der Kugelrille im Reduziereinsatz gehalten. Durch die Aufnahme im Gewindeschneidfutter wird dieser im Reduziereinsatz fixiert und kann nicht herausgezogen werden.

**Verwendung:**
Diese Einsätze finden Verwendung in den Gewindeschneidfuttern:

| | | |
|---|---|---|
| **KSN** | **KSN/HD** | **SFM-L (-DZ)** |
| **SFM** | **SFM-NP** | **SFM-L-IR** |

### 19.2.2.14 Typ HE

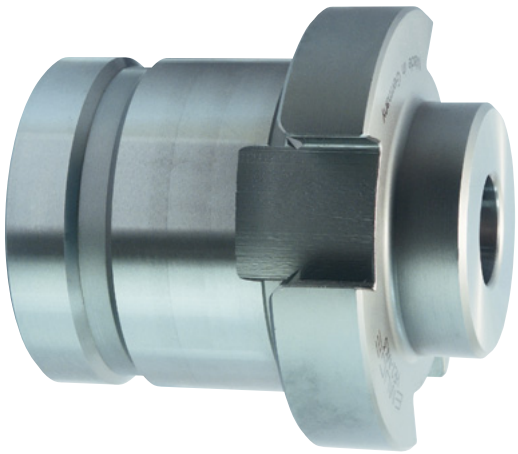
DIN ISO Inch



**Beschreibung:**
- diese Einsätze sind nur für die Gewindeschneidfutter der Typenreihe HF einsetzbar
- der Gewindebohrer wird über Klemmschrauben im Einsatz befestigt
- Schnellwechseleinsatz in starrer Ausführung
- Haupteinsatzgebiet: Schneiden von Grund- und Durchgangslochgewinden auf Auslegerbohrmaschinen
- Schneiden von Rechts- und Linksgewinden möglich

**Verwendung:**
Diese Einsätze finden Verwendung in den Gewindeschneidfuttern:
**HF**

### 19.2.2.15 Typ HE-MK



**Beschreibung:**

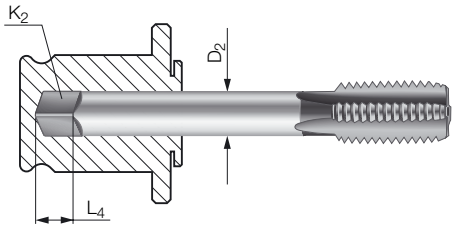
- diese Einsätze sind nur für die Gewindeschneidfutter der Typenreihe HF einsetzbar
- Schnellwechseleinsatz mit Innenmorsekegel
- Haupteinsatzgebiet: Aufnahme für Spiralbohrer und Senker

**Verwendung:**

Diese Einsätze finden Verwendung in den Gewindeschneidfuttern:
**HF**

## 19.2.3 Spanndurchmesser

Der Gewindebohrer wird an seinem Schaftdurchmesser im Schnellwechseleinsatz gespannt und zentriert. Die Drehmomentübertragung erfolgt über das Gewindebohrervierkant.
Nachstehende Tabelle zeigt die Gewindebohrer-Spanndurchmesser und Vierkantabmessungen nach DIN, ISO und Inch.




| DIN | | | ISO | | | Inch | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $D_2$ mm | $K_2$ mm | $L_4$ mm | $D_2$ mm | $K_2$ mm | $L_4$ mm | $D_2$ inch | $K_2$ inch | $L_4$ mm |
| 2,5 | 2,1 | 5 | 2,24 | 1,8 | 4 | 0,141 | 0,11 | 4,8 |
| 2,8 | 2,1 | 5 | 2,5 | 2 | 4 | 0,168 | 0,131 | 6,4 |
| 3,5 | 2,7 | 6 | 2,8 | 2,24 | 5 | 0,194 | 0,152 | 6,4 |
| 4 | 3 | 6 | 3,15 | 2,5 | 5 | 0,22 | 0,165 | 7,1 |
| 4,5 | 3,4 | 6 | 3,55 | 2,8 | 5 | 0,255 | 0,191 | 7,9 |
| 6 | 4,9 | 8 | 4 | 3,15 | 6 | 0,3125* | 0,234 | 9,5 |
| 7 | 5,5 | 8 | 4,5 | 3,55 | 6 | 0,318 | 0,238 | 9,5 |
| 8 | 6,2 | 9 | 5 | 4 | 7 | 0,323 | 0,242 | 10,3 |
| 9 | 7 | 10 | 5,6 | 4,5 | 7 | 0,367 | 0,275 | 11,1 |
| 10 | 8 | 11 | 6,3 | 5 | 8 | 0,381 | 0,286 | 11,1 |
| 11 | 9 | 12 | 7,1 | 5,6 | 8 | 0,429 | 0,322 | 12,7 |
| 12 | 9 | 12 | 8 | 6,3 | 9 | 0,4375* | 0,328 | 9,5 |
| 14 | 11 | 14 | 9 | 7,1 | 10 | 0,48 | 0,36 | 14,3 |
| 16 | 12 | 15 | 10 | 8 | 11 | 0,542 | 0,406 | 15,9 |
| 18 | 14,5 | 17 | 11,2 | 9 | 12 | 0,5625* | 0,421 | 11,1 |
| 20 | 16 | 19 | 12,5 | 10 | 13 | 0,59 | 0,442 | 17,5 |
| 22 | 18 | 21 | 14 | 11,2 | 14 | 0,652 | 0,489 | 17,5 |
| 25 | 20 | 23 | 16 | 12,5 | 16 | 0,6875* | 0,515 | 15,9 |
| 28 | 22 | 25 | 18 | 14 | 18 | 0,697 | 0,523 | 19,1 |
| 32 | 24 | 27 | 20 | 16 | 20 | 0,700* | 0,531 | 12,7 |
| 36 | 29 | 32 | 22,4 | 18 | 22 | 0,8 | 0,6 | 20,6 |
| 40 | 32 | 35 | 25 | 20 | 24 | 0,896 | 0,672 | 22,2 |
| 45 | 35 | 38 | 28 | 22,4 | 26 | 0,9063* | 0,679 | 17,5 |
| | | | 31,5 | 25 | 28 | 1,021 | 0,766 | 25,4 |
| | | | 35,5 | 28 | 31 | 1,108 | 0,831 | 27 |
| | | | 40 | 31,5 | 34 | 1,125* | 0,843 | 20,6 |
| | | | 45 | 35,5 | 38 | 1,233 | 0,925 | 28,6 |
| | | | | | | 1,305 | 0,979 | 28,6 |
| | | | | | | 1,43 | 1,072 | 31,8 |
| | | | | | | 1,519 | 1,139 | 31,8 |

* NPT/NPTF-Gewinde



# Aufnahmen und Futter

## 19.3 Zubehör

### 19.3.1 Schnellwechseleinsätze

**Einstellen und Überprüfen der Überlastungskupplung von EM-U- und EM-UL-Einsätzen:**
Das einzustellende Drehmoment richtet sich nach Einflussgrößen wie z.B. Art des Gewindebohrers, zu bearbeitender Werkstoff, Verwendung von innerer Kühlmittelzufuhr.
Es kann, bedingt durch oben genannte Einflussgrößen, notwendig sein, den Drehmomentwert anzupassen.
Nachstehende Tabelle zeigt die Richtwerte für geschärfte Einzelschneider in Stahl mit einer Zugfestigkeit von 600 - 800 N/mm$^2$.

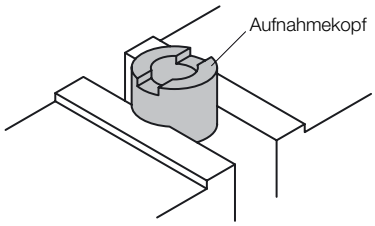
| Drehmoment | | Gewindetyp | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nm | Ft. lbs | M | UNC | UNF | BSW | BSF | G (Whw.) BSP | NPT NPTF | Rc (BSPT) | BA | Pg |
| 0,3 | 0,2 | M2 | Nr. 2 | Nr. 2 | | | | | | Nr. 9 | |
| 0,4 | 0,3 | M2,5 | | Nr. 3 | | | | | | Nr. 8 | |
| 0,5 | 0,4 | | Nr. 3 | Nr. 4 | | | | | | Nr. 7 | |
| 0,6 | 0,5 | M3 | | | | | | | | Nr. 6 | |
| 0,8 | 0,6 | | Nr. 4 | Nr. 5 | | | | | | Nr. 5 | |
| 1 | 0,7 | M3,5 | Nr. 5 | Nr. 6 | 1/8 | | | | | Nr. 4 | |
| 1,2 | 0,9 | | Nr. 6 | Nr. 8 | | | | | | | |
| 1,6 | 1,2 | M4 | Nr. 8 | | 5/32 | | | | | Nr. 3 | |
| 2 | 1,5 | | | Nr. 10 | | | | | | Nr. 2 | |
| 2,5 | 1,8 | M5 | | Nr. 12 | | 3/16 | | | | | |
| 3 | 2,2 | | Nr. 10 | 1/4 | | | | | | Nr. 1 | |
| 4 | 3 | | Nr. 12 | | 3/16 | 7/32 | | | | Nr. 0 | |
| 5 | 3,7 | M6 | | 5/16 | 7/32 | 1/4 | | | | | |
| 6 | 4,4 | | 1/4 | 3/8 | 1/4 | 9/32 | G 1/8 | | | | |
| 8 | 6 | | | | | 5/16 | | | | | |
| 10 | 7,4 | M8 | 5/16 | 7/16 | 5/16 | | | | | | |
| 12 | 8,9 | | | 1/2 | | 3/8 | | | | | |
| 16 | 12 | | 3/8 | | 3/8 | | | 1/16 | Rc 1/16 | | Pg 7 |
| 18 | 13 | M10 | | 9/16 | | 7/16 | G 1/4 | | | | |
| 20 | 15 | | | 5/8 | | | | | | | |
| 22 | 16 | | 7/16 | | 7/16 | | G 3/8 | | | | Pg 9 |
| 25 | 18 | M12 | | | | 1/2 | | 1/8 | Rc 1/8 | | Pg 11 |
| 28 | 21 | | | | | | | | | | Pg 13,5 |
| 32 | 24 | | 1/2 | 3/4 | 1/2 | 9/16 | | | | | Pg 16 |
| 40 | 30 | | 9/16 | | 9/16 | 5/8 | | | | | |
| 45 | 33 | M14 | | 7/8 | | 11/16 | | | | | Pg 21 |
| 50 | 37 | M16 | 5/8 | | 5/8 | | G 1/2 | | | | |
| 56 | 41 | | | | | | G 5/8 | 1/4 | Rc 1/4 | | |
| 63 | 46 | | | | | | | | | | Pg 29 |
| 70 | 52 | | 3/4 | 1" | 3/4 | 3/4 | G 3/4 | | | | |
| 80 | 59 | M18 | | 1 1/8 | | 13/16 | G 7/8 | | | | Pg 36 |
| 90 | 66 | M20 | | 1 1/4 | | 7/8 | | 3/8 | Rc 3/8 | | Pg 42 |
| 100 | 74 | M22 | 7/8 | 1 3/8 | 7/8 | | | | | | Pg 48 |
| 110 | 81 | | | 1 1/2 | | | | | | | |
| 125 | 92 | | | | | 1" | | | | | |
| 140 | 103 | M24 | 1" | | 1" | | G 1" | | | | |
| 160 | 118 | M27 | | | | | G 1 1/8 | 1/2 | Rc 1/2 | | |

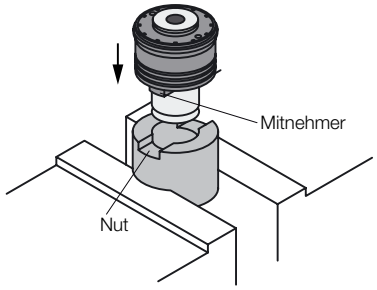
| Drehmoment | | Gewindetyp | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nm | Ft. lbs | M | UNC | UNF | BSW | BSF | G (Whw.) BSP | NPT NPTF | Rc (BSPT) | BA | Pg |
| 180 | 133 | | | | | 1 1/8 | G 1 1/4 | | | | |
| 200 | 148 | | | | | 1 1/4 | G 1 3/8 | 3/4 | Rc 3/4 | | |
| 220 | 162 | M30 | 1 1/8 | | 1 1/8 | | G 1 1/2 | | | | |
| 240 | 177 | M33 | 1 1/4 | | 1 1/4 | | G 1 3/4 | | | | |
| 260 | 192 | | | | | 1 3/8 | G 2" | | | | |
| 280 | 207 | M36 | | | | | | | | | |
| 300 | 221 | | | | | 1 1/2 | G 2 1/4 | | | | |
| 320 | 236 | M39 | | | | 1 5/8 | | | | | |
| 340 | 250 | | 1 3/8 | | 1 3/8 | | G 2 1/2 | 1" | Rc 1" | | |
| 360 | 266 | | 1 1/2 | | 1 1/2 | | G 2 3/4 | | | | |
| 400 | 295 | M42 | | | | | G 3" | | | | |
| 420 | 310 | M45 | | | | | G 3 1/4 | | | | |
| 450 | 332 | | | | | 1 3/4 | G 3 1/2 | 1 1/4 | Rc 1 1/4 | | |
| 480 | 354 | | | | | | G 3 3/4 | | | | |
| 500 | 369 | | | | | 2" | G 4" | | | | |
| 560 | 413 | M48 | | | 1 5/8 | | | 1 1/2 | Rc 1 1/2 | | |
| 630 | 465 | M52 | 1 3/4 | | 1 3/4 | | | | | | |
| 710 | 524 | M56 | | | | 2 1/4 | | 2" | Rc 2 " | | |
| 800 | 590 | M60 | | | 1 7/8 | 2 1/2 | | | | | |
| 900 | 664 | M64 | | | | 2 3/4 | | | | | |
| 1000 | 738 | M68 | 2" | | 2" | | | | | | |
| 1100 | 811 | | 2 1/4 | | 2 1/4 | 3" | | | | | |
| 1170 | 863 | M72 | | | | | | | | | |
| 1230 | 907 | M76 | | | | | | | | | |
| 1300 | 959 | M80 | | | | | | | | | |
| 1380 | 1018 | M85 | | | | | | | | | |
| 1400 | 1033 | | 2 1/2 | | 2 1/2 | | | 2 1/2 | Rc 2 1/2 | | |
| 1460 | 1077 | M90 | | | | | | | | | |
| 1540 | 1136 | M95 | | | | | | | | | |
| 1620 | 1195 | M100 | | | | | | | | | |
| 1700 | 1254 | M105 | | | | | | | | | |
| 1780 | 1313 | M110 | | | | | | | | | |
| 1860 | 1372 | M115 | | | | | | | | | |
| 1940 | 1431 | M120 | | | | | | | | | |
| 2000 | 1475 | | 2 3/4 | | 2 3/4 | | | 3" | Rc 3" | | |
| 2020 | 1490 | M125 | | | | | | | | | |
| 2110 | 1556 | M130 | | | | | | | | | |
| 2200 | 1623 | | | | 3" | | | | | | |
| 2270 | 1674 | M140 | | | | | | | | | |
| 2430 | 1792 | M150 | | | | | | | | | |
| 2680 | 1977 | M160 | | | | | | | | | |

# Aufnahmen und Futter

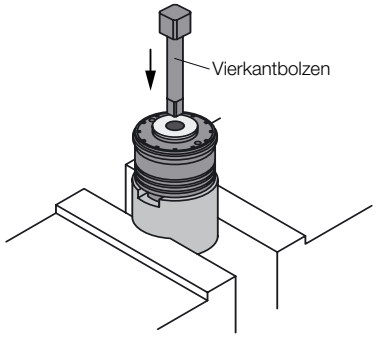
**Benötigtes Werkzeug zur Drehmomenteinstellung:**

- Aufnahmekopf Typ AEU für Schnellwechseleinsätze mit Überlastkupplung

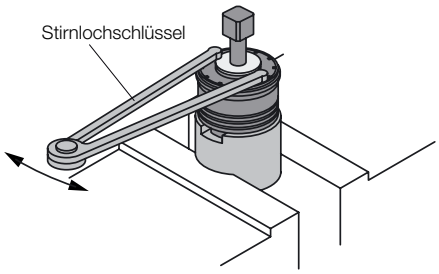


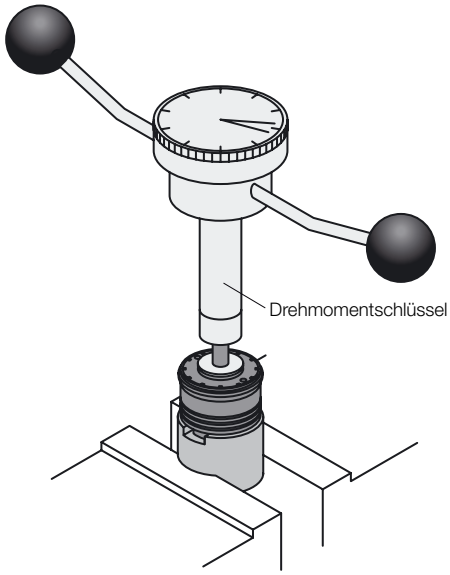

- Vierkantbolzen Typ VEU




- Stirnlochschlüssel Typ VS



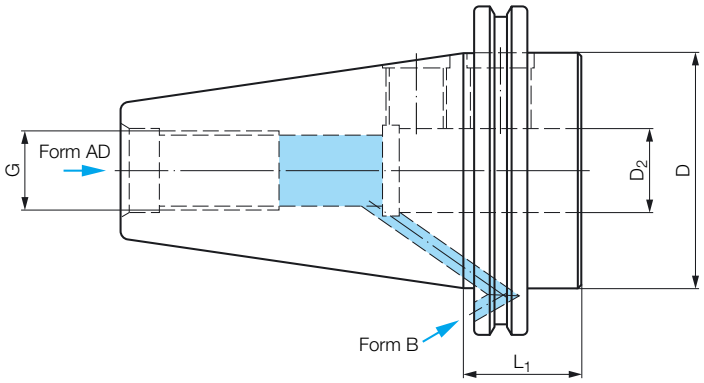

- Drehmomentschlüssel Typ DEU



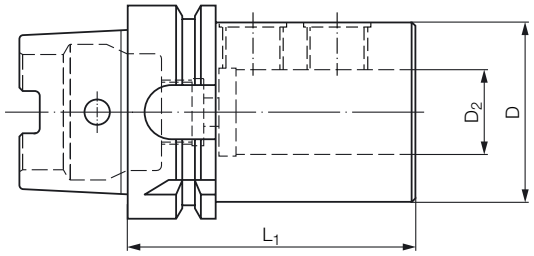
## 19.3.2 Adaptionsschäfte

In Verbindung mit Gewindeschneidfuttern oder Gewindeschneidapparaten mit Schaft nach DIN 1835 B+E bietet EMUGE Adaptionsschäfte folgender Varianten an:

- Steilkegel nach DIN 69871 Form AD oder B




- Steilkegel nach DIN 2080
- Steilkegel nach ANSI B5.50 metrisch und UNC-Anzugsgewinde
- Steilkegel nach JIS B 6339 (MAS BT)
- Kegel-Hohlschaft nach DIN 69893 A




Die Auskraglängen $L_1$ wurden möglichst kurz gehalten, um eine hohe Steifigkeit zu erhalten.

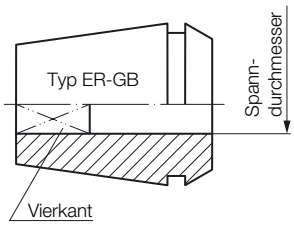
## 19.3.3 Spezial-Schaftverlängerungen für Gewindebohrer

Spezial-Schaftverlängerungen dienen zur Verlängerung von Standard-Gewindebohrern. Durch ihre schlanke Bauform sind sie ideal zur Umgehung von Störkanten geeignet. Spannzange und Verlängerung sind als einteilige Ausführung gefertigt. Die Übertragung des Schneidmomentes erfolgt über ein in die Verlängerung integriertes Vierkant. Der Spannbereich erstreckt sich von M2 - M33. Die Verlängerungen sind in kurzer oder langer Ausführung jeweils mit oder ohne innere Kühlmittelzufuhr erhältlich. Sonderausführungen für größere Schneidbereiche bzw. Längen sind jederzeit möglich.



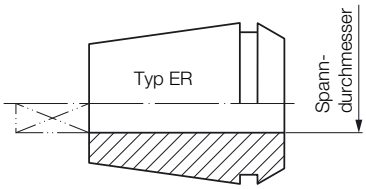
## 19.3.4 Spannzangen

Mit zunehmender Schnittgeschwindigkeit ist es vorteilhaft, den Gewindebohrer in kraft- und formschlüssige Aufnahmen zu spannen. Bei diesen Aufnahmen der Typenreihe ER-GB (ab Spannzangengröße 11) handelt es sich um Stahlspannzangen, die sich an DIN 6499 anlehnen. Ein Vierkant in der Spannzange überträgt zusätzlich das Drehmoment.



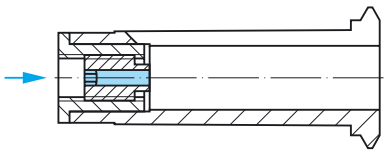

**Anwendungsgebiete sind:**
- Gewindeschneiden auf BAZ mit „Synchronspindel“
- horizontale Werkzeugspannung
- Spannen von Hartmetall-Gewindebohrern
- Hochgeschwindigkeitsbearbeitung

Bei der Spannung von kleineren Gewindeabmessungen mit ER 08-Spannzangen ist es ausreichend, den Gewindebohrer mit zylindrischen Spannzangen zu spannen.

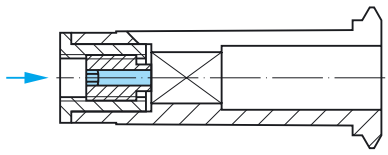



## 19.3.5 Spannzangen Typ PGR-(GB)

Bei Spannzangen der Typenreihe PGR-(GB) handelt es sich um Stahlspannzangen, welche in die jeweilige Aufnahme eingepresst werden (Kraftschrumpfen). Diese Spannzangen stehen in zwei Ausführungen zur Verfügung. Spannzangen mit glatter, zylindrischer Aufnahmebohrung werden mit PGR bezeichnet. Sie überbrücken das Toleranzfeld h6 und werden sowohl in metrischen als auch in Inch-Abmessungen für die gängigsten Werkzeugschäfte angeboten. Mit PGR-GB wird jene Spannzangenausführung benannt, welche ausschließlich zum Spannen von Gewindebohrern ausgelegt ist. Diese Ausführung weist neben einem integrierten Vierkant zur Drehmomentübertragung auch eine Toleranzüberbrückung im h9- Bereich auf. Somit ist es möglich, Standard-Gewindebohrer kraft- und formschlüssig zu spannen. Beide Spannzangenausführungen werden in jeweils zwei Größen angeboten. PGR 15 (GB) und PGR 25 (GB). Alle Spannzangen sind zusätzlich mit Längeneinstellschrauben zur Werkzeugvoreinstellung versehen.



**Typ PGR**



**Typ PGR-GB**

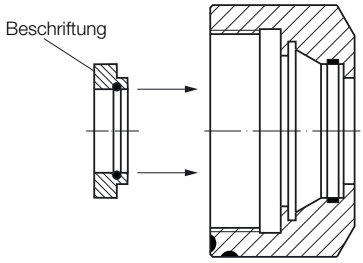
**Anwendungsgebiete sind:**
- Hochgeschwindigkeitsbearbeitung
- Bearbeitung mit hohen Anforderungen bezüglich Rundlauf und Werkzeughaltekräften
- Bearbeitungen, die eine starre Spannung mit guten Dämpfungseigenschaften erfordern
- Gewindeschneiden auf Maschinen mit Synchronsteuerung
- horizontale Werkzeugspannung
- Gewinden mit Hartmetall-Gewindebohrern
- Hochgeschwindigkeitsschneiden

## 19.3.6 Dichtscheiben

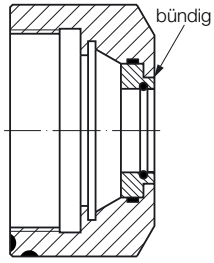
Dichtscheiben werden in Spannmuttern eingesetzt, wenn Gewinde mit innerer Kühlmittelzufuhr geschnitten werden (max. Kühlmitteldruck 100 bar). Durch die Dichtscheiben wird zusätzlich verhindert, dass Schmutz und Späne in die Spannzangenschlitze eindringen.

### Montageanleitung der Dichtscheiben in Spannmuttern

1. Dichtscheibe wie dargestellt in die Spannmutter einsetzen.

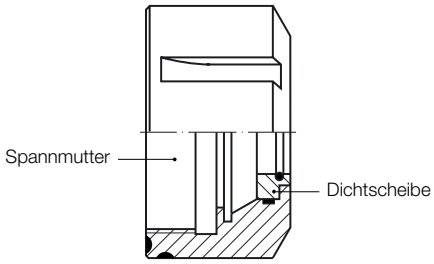



2. Dichtscheibe in der Spannmutter nach vorne schieben, bis ein deutliches Einrasten zu hören ist. Die Dichtscheibe muss mit der Spannmutter bündig sein.




## 19.3.7 Spannmuttern

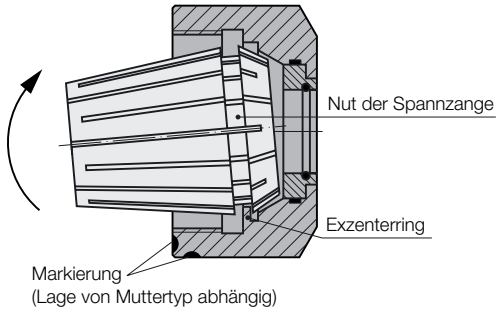
Die Klemmung der unter **Kapitel 19.3.4** beschriebenen Spannzangen erfolgt mit Spannmuttern, bevorzugt der Typenreihe Hi-Q/ER und Hi-Q/ERC.
Nachstehendes Bild zeigt eine Spannmutter des Typs Hi-Q/ERC mit bereits montierter Dichtscheibe DS/ER.



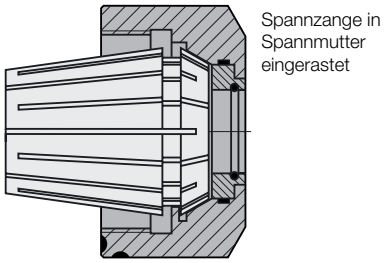
### 19.3.7.1 Montage und Demontage des Gewindebohrers und der Spannzange in der Spannmutter vom Typ Hi-Q/ER und Hi-Q/ERC

1. Spannzange in die Spannmutter einbringen.

2. Spannzange kippen.




Nut der Spannzange an der markierten Stelle in den Exzenterring der Spannmutter einrasten. Spannzange in entgegengesetzte Richtung kippen, bis diese deutlich hörbar einrastet.

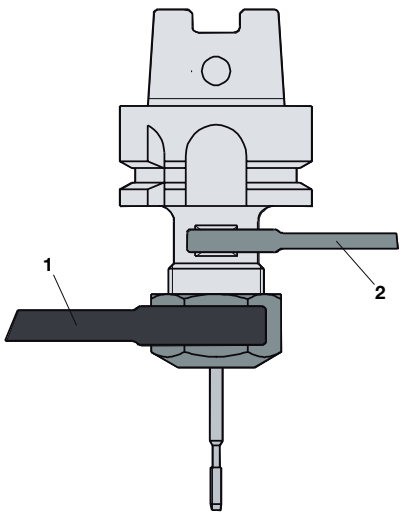



Spannzange ist bündig mit der Spannmutter bzw. mit der Dichtscheibe.

3. Spannmutter mit der eingerasteten Spannzange auf das Gewinde des Futters schrauben.
**Wichtig:** Nur Spannmuttern mit richtig eingerasteter Spannzange montieren!

4. Gewindebohrer einschieben.
**Wichtig:** Sind Spannzange und Gewindebohrer mit einem Vierkant versehen, muss der Gewindebohrer durch Drehen in die Position gebracht werden, dass er in das Vierkant der Spannzange geschoben werden kann.

5. Spannmutter mit Schlüssel festziehen.
Hierbei sind die max. Anzugsdrehmomente aus der Tabelle zu beachten.




| Typ | max. Anzugsdrehmoment [Nm] |
|---|---|
| UM/ER 11 | 30 |
| Hi-Q/ER 11 | 18 |
| Hi-Q/ERM (C) 11 | 15 |
| Hi-Q/ERM (C) 16 | 30 |
| Hi-Q/ERC 20 | 40 |
| Hi-Q/ERC 32 | 170 |
| Hi-Q/ERC 40 | 220 |

Angaben gelten bei Verwendung von ER-GB-Spannzangen. Es wird ein Anzugsdrehmoment von 80% des maximalen Drehmoments empfohlen.

**Wichtig:** Um das Futter nicht zu beschädigen, muss beim Anziehen der Spannmutter mittels Schlüssel **1** mit dem Gabelschlüssel **2** gegengehalten werden.

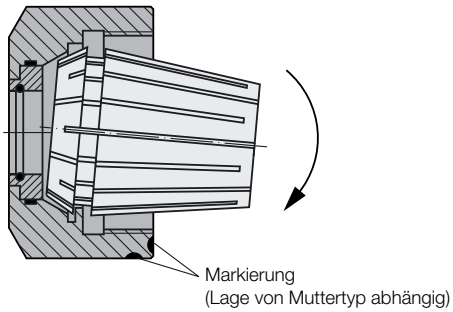
### 19.3.7.2 Lösen des Gewindebohrers und der Spannzange

1. Mutter mit Schlüssel lösen.
   **Wichtig:** Um das Futter nicht zu beschädigen, muss beim Lösen der Spannmutter mittels Schlüssel **1** mit dem Gabelschlüssel **2** gegengehalten werden.

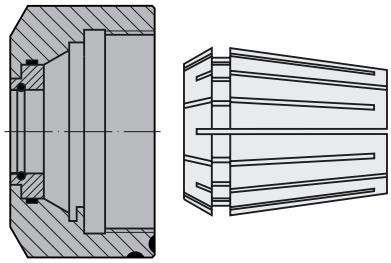
2. Gewindebohrer herausziehen.

3. Mutter abschrauben.

   Für Spannmuttern vom Typ Hi-Q:
   Spannzange zur Markierung hin kippen, bis Spannzange aus dem Exzenterring gelöst ist.



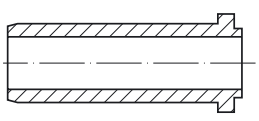

Spannzange herausnehmen.

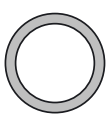


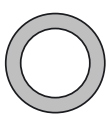
## 19.3.8 Kühlmittelrohre und Schlüssel für HSK-Schäfte nach DIN 69893 A

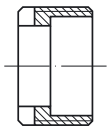
Um das Kühl-Schmiermedium vom HSK-Spanner in die Werkzeugaufnahme zu leiten, ist in den HSK-Schaft nach DIN 69893 Form A ein Kühlmittelrohr einzuschrauben. Als Werkzeug werden Montageschlüssel des Typs SKMR/HSK-A verwendet.

**Montage des Kühlmittelrohres**
Bestandteile:


Kühlmittelrohr

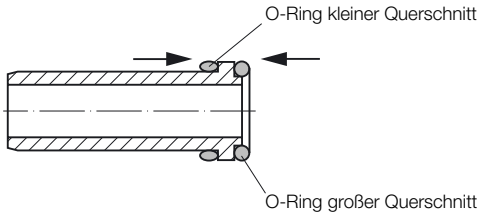

O-Ring kleiner Querschnitt


O-Ring großer Querschnitt

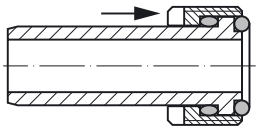

Überwurfschraube

Kühlmittelrohr vorbereiten:

1. Die beiden O-Ringe aufschieben.

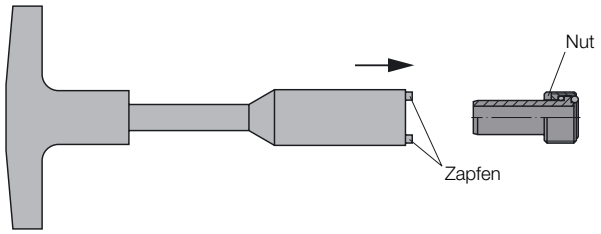


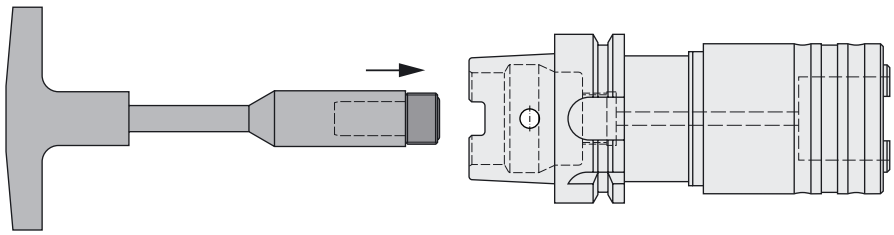

2. Überwurfschraube aufschieben.



3. Kühlmittelrohr im Schaft montieren.
   **Benötigtes Werkzeug:** Montageschlüssel Typ SKMR/HSK-A, Größe entsprechend Schaftgröße wählen.

   a) Montageschlüssel auf Kühlmittelrohr stecken.
      **Achtung:** Auf die Stellung der Zapfen zu den Nuten achten!
   b) Kühlmittelrohr in den Schaft einschrauben.



## 19.3.9 Zubehör für System PGR

### 19.3.9.1 Maschinen



**PGU 6000**

Diese Maschine wird zum Ein- bzw. Auspressen der PGR-Spannzange in der jeweilige Aufnahme benötigt. Prinzipiell handelt es sich um eine hydraulische Presse, welche in Druck- und Zugrichtung wirkt. Das Spannen der beiden Größen PGR 15 und PGR 25 wird durch einfaches Austauschen von Adaptern bewerkstelligt. Die Maschine ist für den Netzbetrieb konzipiert und wird für 230V AC, sowie in baugleicher Ausführung auch für 110V AC angeboten.



### PGC 1500 / PGC 2500

Für den Fall, dass ein vom Stromnetz unabhängiges Arbeiten mit dem System PGR benötigt wird, stehen zwei Maschinen mit der Bezeichnung PGC 1500 (für PG 15) bzw. PGC 2500 (für PG 25) in mechanisch/hydraulischer Ausführung zur Verfügung.

## 19.3.9.2 Adapter PGR-AGP für PGU 6000



Die Adapter sind in zwei Größen PGR-APG 15 und PGR-APG 25 verfügbar. Sie dienen als Schnittstelle zwischen Spannfutter und Maschine. Das Auswechseln der Adapter ist schnell und leicht zu handhaben.

## 19.3.9.3 Voreinstellgerät PGR-VEW



Da jede Spannzange des Systems PGR mit einer Werkzeuglängeneinstellschraube versehen ist, besteht unter Zuhilfenahme des Voreinstellgerätes PGR-VEW 15 (25) die Möglichkeit zur präzisen Längeneinstellung der zu spannenden Werkzeuge.

**Werkzeugvoreinstellung**

- Voreinstellgerät auf Längenmessgerät positionieren und am Auflager Nullpunkt setzen
- fixes Längenmaß des Voreinstellgerätes (100 mm) mit Istwert verrechnen (–100 mm)
- die Spannzange inkl. Werkzeug in das Voreinstellgerät bis Plananlage einstecken
- mit Messeinrichtung Werkzeugauskraglänge feststellen
- angefederte Rändelschraube des Voreinstellgerätes in das Innensechskant der Spannzangeneinstellschraube einrasten
- durch Drehen an der Rädelschraube auf gewünschte Werkzeugauskraglänge einstellen
- Spannzange inkl. Werkzeug aus Voreinstellgerät entnehmen und in Spannfutter einpressen

## 19.3.9.4 Kegelreiniger PGR-TKC



Beim PGR-System ist beim Einpressvorgang, speziell an den Kontaktflächen, auf Sauberzeit zu achten. Im Gegensatz zu den Spannzangen, bei denen ein Reinigen sehr einfach zu bewerkstelligen ist, verhält sich das Reinigen des Aufnahmekegels am Spannfutter schwieriger. Als Hilfsmittel hierzu dienen Kegelreiniger, die ebenfalls für beide Größen verfügbar sind.

## 19.4 Infrarotüberwachungssystem IR

Das System besteht aus den Komponenten:

- Gewindeschneid-Schnellwechselfutter mit IR-Elektronik
- Schnellwechseleinsatz mit Überlastkupplung, z.B. EM-U
- IR–Empfänger
- IR–Steuergerät
- Verbindungskabel

Nachstehendes Bild zeigt und beschreibt ein indirekt wirkendes Gewindeschneidprozessüberwachungssystem wie es z.B. in der Automobilindustrie auf Transferstraßen eingesetzt wird. Dieses System arbeitet nur in Verbindung mit einem Überlasteinsatz und bietet Sicherheit dafür, dass das überwachte Gewinde auf die nominale Tiefe geschnitten wurde.




**Abb. 1** zeigt ein IR-Gewindeschneidfutter im normalen Gewindeschneidablauf (der Vorschub pro Umdrehung entspricht der Gewindesteigung). Der Längenausgleich ist in Ausgangsstellung.

**Abb. 2** zeigt ein IR-Gewindeschneidfutter während des Gewindeschneidvorganges. Die Überlastkupplung im Schnellwechseleinsatz überlastet, der Maschinenvorschub läuft weiter. Als Folge wird der Längenausgleich des Gewindeschneidfutters in Druckrichtung belastet. Nach ca. 1 mm Verfahrweg erfolgt die Fehlermeldung zum IR-Empfänger.

**Abb. 3** zeigt ein IR-Gewindeschneidfutter nach dem Gewindeschneidvorgang und bereits erfolgter Fehlermeldung. Der Markierungsring wurde axial verschoben. Der Längenausgleich ist in Ausgangsstellung.

**Aufbau des Gewindeschneidfutters SFM-L/IR:**

Die Gewindeschneidfutter mit IR-Signaleinrichtung sind eine Weiterentwicklung des bewährten EMUGE-Schnellwechselfutters SFM-L.



Diese Futter sind mit folgenden Spezifikationen ausgestattet:
- Längenausgleich in Druckrichtung
- Druckpunktmechanismus
- Batteriekontrolle durch zwei LEDs, die nach Zusammendrücken des Längenausgleiches in Druckrichtung den Batteriestand anzeigen:
  **Grüne LED** = Batterie voll
  **Rote LED** = Batterieaustausch muss vorgenommen werden

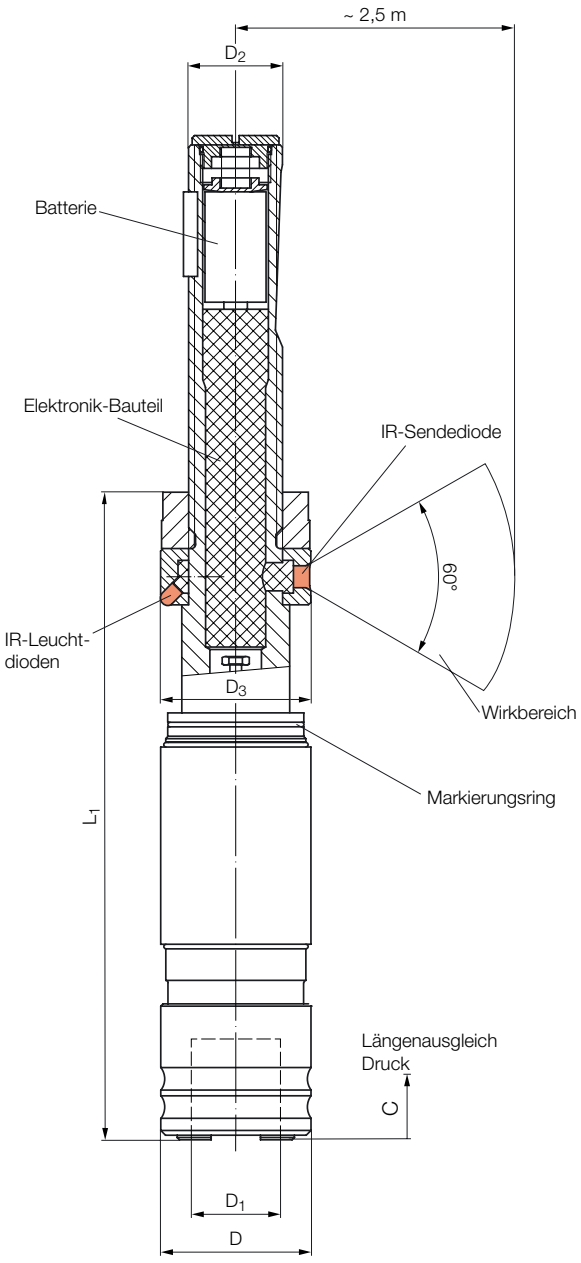
➤ *siehe auch:*




*Demos/Gewindeschneidfutter/SFM-L-IR*

**Funktionsweise:**

Wird durch einen Fehler beim Gewindeschneidvorgang der Längenausgleich des Futters in Druckrichtung zusammengeschoben, so wird nach ca. 1 mm Verfahrweg vom IR-Futter ein Infrarotsignal als Fehlermeldung ausgesandt. Dieser Schaltpunkt ist auf Wunsch veränderbar. Im Wirkbereich wird das Signal vom IR-Empfänger erkannt, als Fehlermeldung an die Steuereinheit weitergeleitet und von dieser optisch angezeigt.
Besonders auf Mehrspindelmaschinen, an denen häufig mehrere IR-Futter mit gleicher Frequenz zum Einsatz kommen, erkennt man über einen verschobenen Markierungsring, der am Gewindeschneidfutter angebracht ist, das Gewindeschneidfutter, bei dem ein Fehler während der Bearbeitung aufgetreten ist und erleichtert dadurch ganz erheblich das optische Auffinden der Fehlerquelle.
Diese Markierungsringe müssen nach Behebung der Störung wieder manuell in ihre Ausgangsposition gebracht werden.



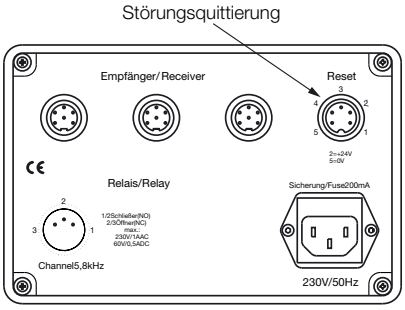

Die Störungsanzeige im Steuergerät kann entweder von Hand oder automatisch, im Zusammenhang mit Maschinensteuerung und externer Störungsquittierung, gelöscht werden.

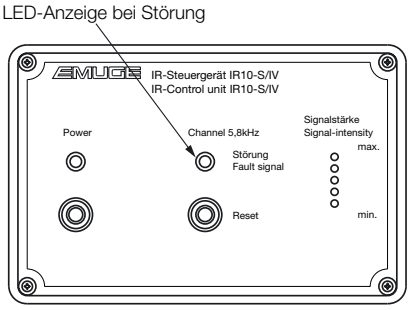
Das Gewindeschneidfutter ist danach sofort wieder funktionsbereit.

An dem integrierten Relaisausgang können zudem beliebige Signalgeräte (optisch, akustisch) geschaltet werden. Bei ungünstigen Empfangsverhältnissen (z.B. in Mehrspindelmaschinen) kann es erforderlich sein, mehrere IR-Empfänger einzusetzen. Maximal können 3 IR-Empfänger an ein Steuergerät angeschlossen werden.



# Aufnahmen und Futter




**Beschreibung IR-Empfänger:**

Das nach IP67 geschützte Empfangsteil ist in 1- oder 2-Kanal-Version lieferbar und wird über eine Steckverbindung an das entsprechende Steuergerät angeschlossen. Am Empfangsteil angebrachte LEDs zeigen die Betriebsbereitschaft bzw. eine Störung an. Ein bis max. 10 m langes Anschlusskabel ermöglicht es, das Empfangsteil im Wirkbereich der IR-Dioden des Gewindeschneidfutters optimal zu platzieren – weitgehend unabhängig vom Standort des Steuergerätes.

**Technische Daten:**

| | |
|---|---|
| Anzahl der Kanäle: | maximal 2 |
| Stromversorgung: | 6V Batterie Lithium |
| Batterielebensdauer: | je nach Einschalthäufigkeit (bis 2 Jahre) |
| Steuergerät: | Stromversorgung 230V 50/60Hz; 10 Watt |
| Relaisausgang: | max. 230V, 1A, (1x Öffner, 1x Schließer), externe Störungsquittierung |

Das EMUGE–Überwachungssystem vom Typ IR ist unter der FTZ-Nr. G 400/287 U/W genehmigt.

**Schnellwechseleinsätze:**

Das Infrarot-Gewindeschneidfutter ist nur in Verbindung mit EMUGE-Schnellwechseleinsätzen der Typen EM-U oder EM-UL funktionsfähig.

## 19.5 Werkzeugaufnahmen für das Bohren und Fräsen

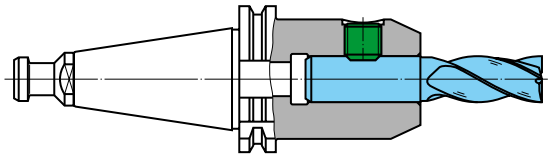
Werkzeugaufnahmen stellen das Bindeglied zwischen Werkzeugmaschine und Werkzeug dar. Während der Bearbeitung hat die Werkzeugaufnahme die Aufgabe, das eingesetzte Werkzeug sicher und präzise zu spannen und die entstehenden Kräfte an die Werkzeugmaschine abzuleiten.
Daraus ergeben sich folgende Anforderungen für rotierende Werkzeugaufnahme-Systeme:

- hohe Rundlaufgenauigkeit
- gute Dämpfungseigenschaften
- hohe Steifigkeit
- sichere Spannung, auch bei hohen Drehzahlen (Wuchtgüte beachten!)

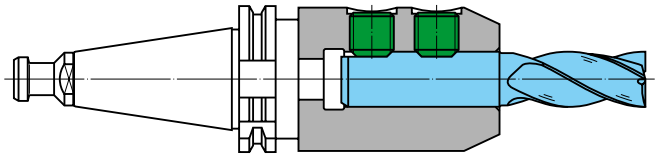
Im Folgenden wird eine Auswahl von gängigen Werkzeugaufnahmen dargestellt. Zuätzlich zu den dargestellten Adaptionsschäften sind die Aufnahmen auch mit den meisten in **Kapitel 19.3.2** aufgeführten Adaptionsschäften verfügbar.

### 19.5.1 Werkzeugaufnahmen für Zylinderschäfte mit Mitnahmefläche oder Spannfläche

**Werkzeugaufnahme für Zylinderschäfte mit seitlicher Mitnahmefläche nach DIN 1835 B und DIN 6535 HB**



**für Schaftdurchmesser ≤ 20 mm**

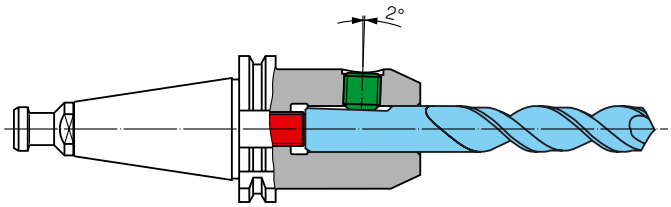


**für Schaftdurchmesser > 20 mm**

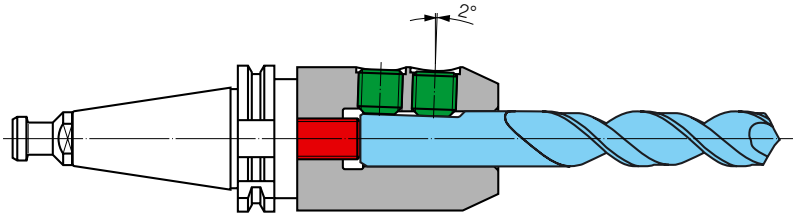
**Einsatzgebiete:** Weit verbreitetes Universalfutter für Fräswerkzeuge mit Zylinderschaft mit seitlicher Mitnahmefläche.

Rundlaufgenauigkeit des Gesamtsystems: ≈ **0,01 mm**

**Werkzeugaufnahme für Zylinderschäfte mit geneigter Spannfläche nach DIN 1835 E und DIN 6535 HE**




**für Schaftdurchmesser ≤ 20 mm**



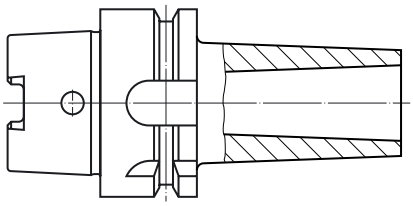

**für Schaftdurchmesser > 20 mm**

**Einsatzgebiete:** Weit verbreitetes Universalfutter für das Bohren, da durch den einstellbaren Axialanschlag der Längenverlust durch das Nachschleifen des Bohrers kompensiert werden kann.

Rundlaufgenauigkeit des Gesamtsystems: ≈ **0,01 mm**

## 19.5.2 Werkzeugaufnahmen für Morsekegel

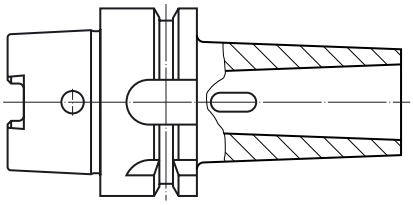
**Werkzeugaufnahme für Morsekegel mit Anzugsgewinde nach DIN 228 A**



**Einsatzgebiete:** Wird meist nur noch bei älteren Werkzeugmaschinen oder für Verlängerungen von Einschraubfräsern verwendet.

Rundlaufgenauigkeit des Gesamtsystems: ≈ **0,015 mm**

**Werkzeugaufnahme für Morsekegel mit Austreiblappen nach DIN 228 B**



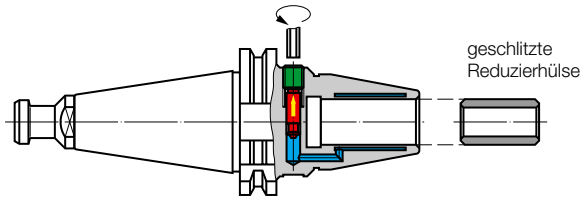
**Einsatzgebiete:** Findet nur noch bei Ständerbohrmaschinen zum Spannen von großen Bohrwerkzeugen oder Gewindeschneidapparaten Verwendung.

Rundlaufgenauigkeit des Gesamtsystems: ≈ **0,015 mm**

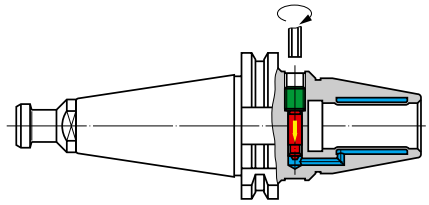
## 19.5.3 Hydrodehn- und Spannzangenfutter

Bei der Hydrodehn-Aufnahme wird der Spanndruck hydraulisch erzeugt. Der entstehende Druck wirkt auf ein dünnwandiges, den Werkzeugschaft umschließendes Spannelement, das sich elastisch verformt (Schafttoleranz h6). Als Medium dient üblicherweise Öl, es existieren allerdings auch Abwandlungen des Hydrodehn-Futters, bei denen Fett oder elastischer Kunststoff als Medium Verwendung findet.

### Hydrodehn-Werkzeugaufnahme




**entspannt**

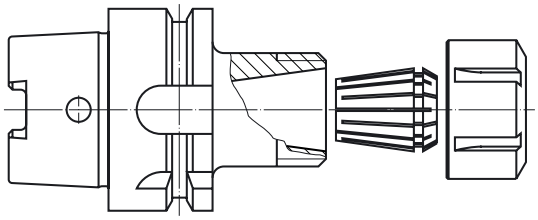


**gespannt**

**Einsatzgebiete:** Zum hochgenauen Spannen von Bohr-, Reib-, Fräs- und Gewindewerkzeugen (siehe auch **Kapitel 19.1.8.8**) mit glatten Zylinderschäften, Zylinderschäften mit seitlicher Mitnahmefläche oder mit geneigter Spannfläche. Hohe Drehzahl sind möglich, für die Schwerzerspanung ist das System ist allerdings weniger geeignet (Auftreten vom Schwingungen, Auszugsgefahr). Durch Reduzierhülsen ist das Spannen verschiedener Schaftdurchmesser möglich.

Rundlaufgenauigkeit des Gesamtsystems: ≈ **0,003 mm**
Rundlaufgenauigkeit mit Reduzierhülse: ≈ **0,005 mm**

### Werkzeugaufnahme für Spannzangen (ER) nach DIN 6499

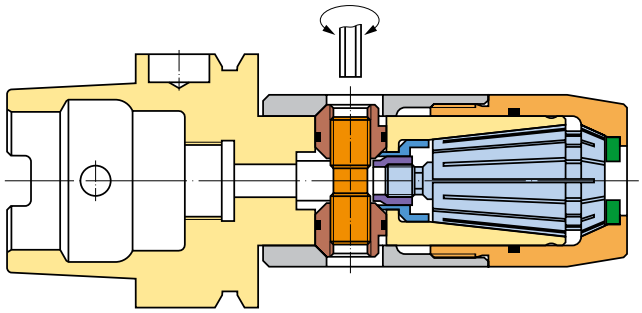


**Einsatzgebiete:** Weit verbreitetes Universalfutter für Bohr- oder Fräswerkzeuge mit Zylinderschaft (Schafttoleranz h10). Kostengünstiges Spannsystem für mittlere Drehzahlen, für die Schwerzerspanung oder zum Hartfräsen nicht geeignet.

Rundlaufgenauigkeit des Gesamtsystems: ≈ **0,015 mm**

# Aufnahmen und Futter

## Präzisionswerkzeugaufnahme für Spannzangen mit eingeschränkter Toleranz



**Einsatzgebiete:** Hochgenaue Spannzangenaufnahme mit hoher Spannkraft zum Spannen von Werkzeugen mit Zylinderschaft bis zu einer Schafttoleranz h10. Hohe Drehzahlen sind möglich. Werkzeugschäfte werden über die gesamte Spannlänge achsparallel gespannt. Zum Schruppen und Schlichten geeignet (auch für HSC-Bearbeitung).

Rundlaufgenauigkeit des Gesamtsystems: ≈ **0,003 mm**

## Präzisionswerkzeugaufnahme für Spannzangen (System PGR „powRgrip®“)




**Einsatzgebiete:** Hochgenaue Spannzangenaufnahme mit hoher Spannkraft zum Spannen von Werkzeugen mit Schafttoleranz h6 (Typ PGR) bzw. h9 (Typ PGR-GB). Hohe Drehzahlen sind möglich. Die Aufnahme besitzt ein gutes Dämpfungsverhalten, eine Werkzeugvoreinstellung (auch für Gewindebohrer) ist bereits in der Spannzange integriert. Die beschichteten Spezialspannzangen weisen Übermaß auf und werden mit Hilfe einer Vorrichtung auf eine definierte Tiefe in die jeweilige Aufnahme eingepresst (siehe auch **Kapitel 19.3.5** und **Kapitel 19.3.9**).

Rundlaufgenauigkeit des Gesamtsystems: ≈ **0,003 mm**



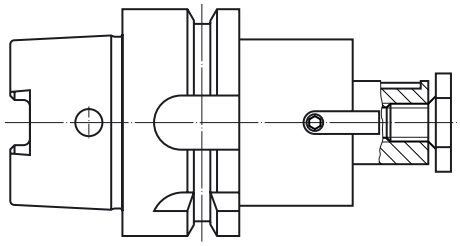
**Maschine für System PGR**
**Typ „PGU 6000“**




**Handvorrichtung für das Spannen/Entspannen**
**unabhängig vom Stromnetz**

## 19.5.4 Aufsteckfräsdorne für Walzenstirnfräser und Messerköpfe

**Aufsteckfräsdorne für Werkzeuge mit Längs- oder Quernut nach DIN 138**



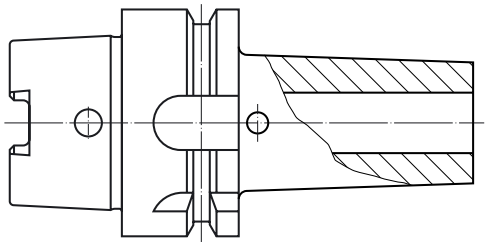
**Einsatzgebiete:** Für Walzenstirnfräser mit Längs- oder Quernut und Messerköpfe mit Quernut in Verbindung mit Passfeder (Längsnut) oder Zwischenring (Quernut).

Rundlaufgenauigkeit des Gesamtsystems: ≈ **0,015 mm**

## 19.5.5 Schrumpfaufnahmen und Schrumpfgerät

Beim thermischen Schrumpfen wird das Spannen und Entspannen der Werkzeugaufnahmen durch Wärmeausdehnung der Werkzeugaufnahmen vollzogen. Das Erwärmen der Aufnahme geschieht im Schrumpfgerät induktiv, mit Heißluft oder durch Kontakt. Mit dem Induktionsschrumpfgerät „SHRINK-MASTER HL-1“ von EMUGE-FRANKEN können HSS- und Hartmetall-Werkzeuge mit einem Schaftdurchmesser von 3 bis 32 mm (Schafttoleranz h6) geschrumpft werden. Durch einfaches Wechseln der Aufnahmeflansche ist es für alle gängigen Adaptionsschäfte geeignet. Die Zeit zum Einschrumpfen beträgt ca. 10 Sekunden, die Abkühlzeit mit dem optional erhältlichen Werkzeug-Schnellkühlgerät „SHRINK-MASTER COOL“ ca. 40 Sekunden.

### Schrumpfaufnahme



**Einsatzgebiete:** Hochgenaue und sehr steife Werkzeugaufnahme für das Schruppen und Schlichten. Keine beweglichen Teile, daher bestens für HSC-Anwendungen geeignet. Durch schlanken Bauweise auch für tiefe Kavitäten im Formen- und Gesenkbau.

Rundlaufgenauigkeit des Gesamtsystems: ≈ **0,003 mm**




**Induktionsschrumpfgerät „SHRINK-MASTER HL-1“**



**Werkzeug-Schnellkühlgerät „SHRINK-MASTER COOL“**

# Werkstückspannung



20

Seite


**20.1 Übersicht . . . . . 734**

**20.2 Programmübersicht EMUGE-Spannsysteme . . . . . 735**

20.2.1 System SP . . . . . 735
20.2.2 System SZ . . . . . 735
20.2.3 System SG . . . . . 735
20.2.4 System SH . . . . . 736
20.2.5 System SM . . . . . 736

**20.3 Systemspezifikationen . . . . . 737**

20.3.1 Allgemein . . . . . 737
20.3.2 Eigenschaften der Systeme . . . . . 737
20.3.3 Spannkraftverläufe an den verschiedenen Spannsystemen . . . . . 737
20.3.4 Spanneinleitung . . . . . 738

# Werkstückspannung

## 20.1 Übersicht

Die Werkstückspannung ist ein wesentliches Element im Produktionsprozess. Die überwiegende Anzahl dieser Spannzeuge wird speziell für die von den Anwendern geschilderten Einsatzfälle konstruiert und sind somit auf den Fertigungsprozess optimierte Sonderlösungen.

Bei der Entwicklung dieser Spannmittel sind sämtliche Voraussetzungen wie Maschinenausstattung, Genauigkeitsanforderungen und Prozessablauf so praxisnah wie möglich zu berücksichtigen. EMUGE, einer der führenden Hersteller solcher Spannmittel, bedient sich verschiedener Spannprinzipien, die in **Kapitel 20.2** beschrieben werden.

Nähere Informationen sind dem **EMUGE Spanntechnikkatalog** zu entnehmen.

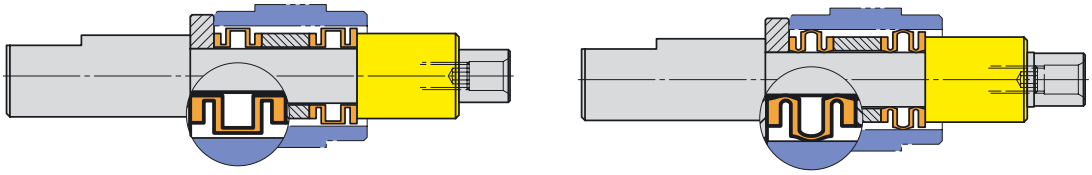


## 20.2 Programmübersicht EMUGE-Spannsysteme

### 20.2.1 System SP

➤ *siehe auch:*

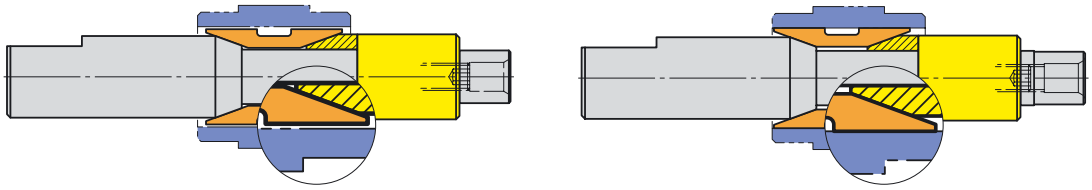


**ungespannt** **gespannt**

Durch eine axiale Kraftbeaufschlagung bewegen sich die Spannhülsen in Kraftrichtung und dehnen sich dabei radial aus. Hierdurch wird einerseits das Spiel zwischen Spannhülse und Grundkörper, andererseits zwischen Spannhülse und Werkstück beseitigt. Das Werkstück wird gespannt.
In Abhängigkeit von der Toleranz des Werkstücks und der Ausführung des Spannzeugs und der Spannhülsen können mit dem System SP Rundlaufabweichungen ≤ 0,002 mm erreicht werden.
Durch diese hohe Genauigkeit wird das System SP nicht nur bei der Werkstück-, sondern auch bei der Werkzeugspannung eingesetzt.

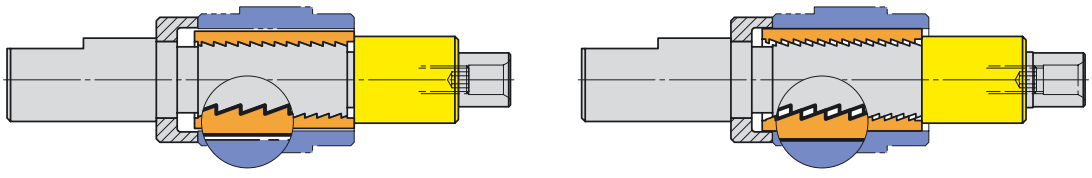
### 20.2.2 System SZ



**ungespannt** **gespannt**

Wenn das zu spannende Werkstück nur eine kurze Spannbasis oder der zu spannende Durchmesser eine sehr große Toleranz hat, so kommt das System SZ zum Einsatz.
Hierbei wird eine geschlitzte Spannzange durch das Einleiten einer Axialkraft über einen Kegel radial aufgeweitet. Gleichzeitig findet auch eine axiale Bewegung statt. Das Werkstück wird gespannt.

### 20.2.3 System SG



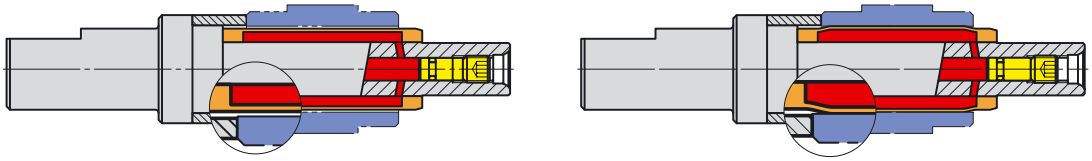
**ungespannt** **gespannt**

Bedingt durch die Bauart erlaubt das System SP nur Aufweitungen bis etwa zur Toleranzklasse IT11. Sollen größere Toleranzen überbrückt werden, so kommt das System SG zum Einsatz.
Dabei wird eine geschlitzte Spannbüchse mit einem speziellen Sägengewinde auf den Grundkörper geschraubt. Bei einer axialen Kraftbeaufschlagung bewegt sich die Spannbüchse in Kraftrichtung und dehnt sich gleichzeitig auf Grund des Gewindeprofilwinkels in radialer Richtung. Das Werkstück wird gespannt.
Die auf das Werkstück wirkende axiale Komponente erhöht das übertragbare Drehmoment und die Steifigkeit der Spannung. Somit werden auch Werkstücke, die mit einem großen Spanquerschnitt bearbeitet werden, sicher gespannt.

➤ *siehe auch:*



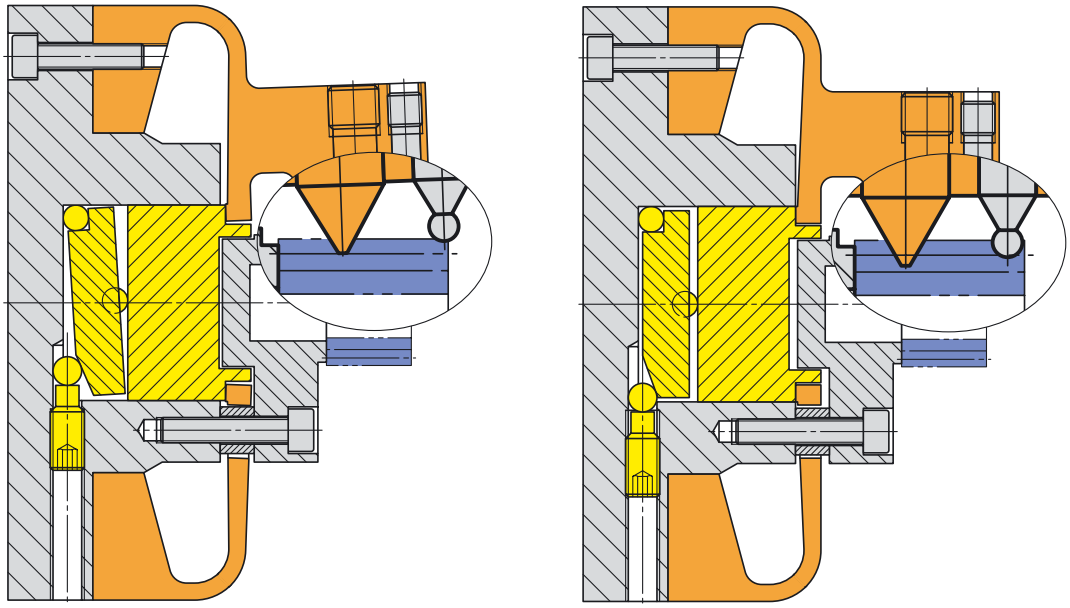

## 20.2.4 System SH



**ungespannt** **gespannt**

Hydraulische Spannsysteme SH werden bei stark begrenztem Bauraum eingesetzt. Es lassen sich damit auch lange, dünnwandige Werkstücke oder mehrere gleiche Werkstücke spannen.
Dabei handelt es sich um geschlossene Systeme, die mit Hydrauliköl gefüllt sind. Dieses wird mit einem Kolben beaufschlagt. Der sich aufbauende Druck weitet die dünnwandige Dehnzone radial auf und spannt somit das bzw. die Werkstücke.

## 20.2.5 System SM



**ungespannt** **gespannt**

Bei der Fertigung von z.B. hochgenauen Zahnrädern ist es sehr wichtig, die Rundlaufabweichung zwischen dem Teilkreis und der Aufnahmebohrung möglichst gering zu halten.
Hierzu dient das Membranspannsystem SM. Es ermöglicht, das Zahnrad im Teilkreis zu spannen und die Aufnahmebohrung zu bearbeiten.
Das Spannelement ist eine Ringscheibe mit vorzugsweise drei Spannbacken. Bei einem dünnwandigen Werkstück kann die Membran auch vier oder sechs Spannbacken haben. Diese sind entweder aus der Membran herausgearbeitet oder aufgeschraubt.
Wird in axialer Richtung Kraft auf die Membran ausgeübt, so biegt sich diese durch. Dabei bewegen sich die Membranspannbacken axial und öffnen gleichzeitig radial. Das Zahnrad wird freigegeben.
Wegen ihres Eigenfederverhaltens kehrt die Membran in ihre Ausgangslage zurück, sobald die Axialkraft verringert oder weggenommen wird. Das Zahnrad wird in radialer und axialer Richtung gespannt.

## 20.3 Systemspezifikationen

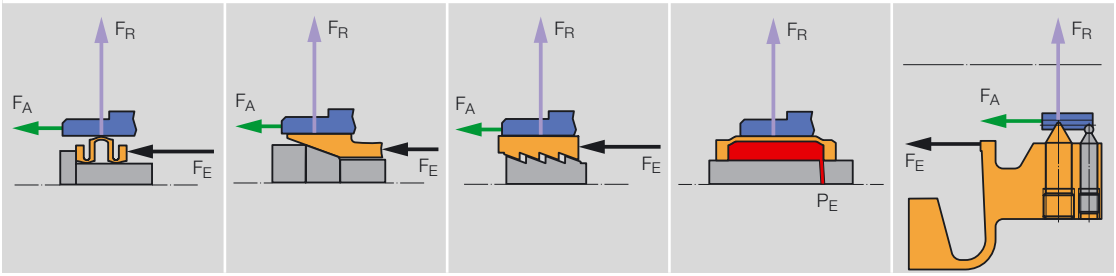
### 20.3.1 Allgemein

EMUGE-Spannzeuge sind individuell an das Werkstück bzw. Werkzeug angepasste Sonderlösungen. Ziel ist es, hinsichtlich Genauigkeit, Wiederholbarkeit und Sicherheit optimal zu spannen.
EMUGE-Sonderkonstruktionen zeichnen sich durch Wirtschaftlichkeit, Kompaktheit und lange Lebensdauer aus. Die nachfolgend aufgeführten Werte sind lediglich **Richtwerte**.

### 20.3.2 Eigenschaften der Systeme

| Eigenschaften | System | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | SP | SZ | SG | SH | SM |
| Systemaufbau | mechanisch | mechanisch | mechanisch | hydraulisch | mechanisch |
| erreichbare Rundlaufgenauigkeit | 2 µm | 4 µm | 4 µm | 2 µm | 4 µm |
| max. Expansion in Bezug zum Spanndurchmesser | IT7 (11) | IT13 | IT13 | IT7 | 0,1 - 0,6 mm |
| Spannbereiche Werkstückaußendurchmesser | 5 - 400 mm | 5 - 400 mm | 6 - 300 mm | 5 - 300 mm | 6 - 300 mm |
| Spannbereiche Werkstückinnendurchmesser | 12 - 400 mm | 8 - 400 mm | 12 - 300 mm | 12 - 300 mm | – |
| Sicherheitsfunktion gegen Überspannen | ja | ja | ja | bedingt | ja |
| Verschleißschutzbeschichtung möglich | ja | ja | ja | ja | ja |

### 20.3.3 Spannkraftverläufe an den verschiedenen Spannsystemen

| System | | | | |
|---|---|---|---|---|
| SP | SZ | SG | SH | SM |
|  | | | | |



$F_R$ = Radialkraft
$F_A$ = Axialkraft
$F_E$ = Krafteinleitung
$P_E$ = Druckeinleitung

### 20.3.4 Spanneinleitung

Diese richtet sich nach Kundenwunsch. Grundsätzlich unterscheidet man zwischen **manueller** und **automatischer** Spanneinleitung. Es stehen dazu mechanische, mediumgesteuerte (Pneumatik-Hydraulik) sowie elektromagnetische Lösungen zur Verfügung.

**EMUGE-Spannzeuge sind, falls systembedingt möglich, durch konstruktive Spannwegbegrenzungen vor Beschädigungen geschützt.**

| Toleranzranggrad | Nennmaßbereich in mm | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | bis 3 | >3 bis 6 | >6 bis 10 | >10 bis 18 | >18 bis 30 | >30 bis 50 | >50 bis 80 | >80 bis 120 | >120 bis 180 | >180 bis 250 | >250 bis 315 | >315 bis 400 |
| IT7 | 10 | 12 | 15 | 18 | 21 | 25 | 30 | 35 | 40 | 46 | 52 | 57 |
| IT11 | 60 | 75 | 90 | 110 | 130 | 160 | 190 | 220 | 250 | 290 | 320 | 360 |
| IT13 | 140 | 180 | 220 | 270 | 330 | 390 | 460 | 540 | 630 | 720 | 810 | 890 |

Werte in µm

# Technische Fragebögen



21

Seite


Kernlochbohren . . . . . 740

Gewindebohren/Gewindefurchen . . . . . 741

Gewindefräsen . . . . . 742

Schneideisen . . . . . 743

Walzrollen . . . . . 744

Fräsen . . . . . 745

Formen- und Gesenkbau . . . . . 746

# Technischer Fragebogen Kernlochbohren

Firma: .....

.....

Ansprechpartner: .....

Telefon: .....

Fax: .....

e-mail: .....

Abmessung: .....

Ausführung: .....

Artikel-Nr.: .....

Projekt: .....

---

Werkstückbezeichnung: .....

Werkstückwerkstoff: .....

Festigkeit/Härte: .....

**Einsatzbedingungen:**

Maschinentyp: .....

Bearbeitungsebene: .....

Schnittgeschwindigkeit $v_c$ = ..... m/min

Drehzahl n = ..... $min^{-1}$

Vorschub $f_b$ = ..... mm/U

Standwert: ..... (Anzahl der Kernlochbohrungen)

Kühlschmierstoff: .....

Druck: ..... ☐ IKZ

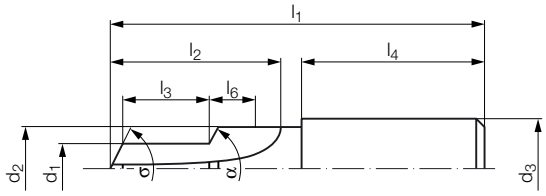
Bemerkungen: .....

.....

.....

.....

**Konstruktion für Sonderstufenbohrer:**




$d_1$ Bohrdurchmesser für das Gewindebohren/-furchen

Abmessung: ..... mm

$d_2$ Senkdurchmesser

☐ Anfaswerkzeug $d_2 = d_3$

☐ Aufbohrwerkzeug ☐ $d_2$ = ..... mm

☐ nach DIN 8378

$d_3$ Schaftdurchmesser ..... mm

Schaftausführung DIN 6535 ☐ HA ☐ HB ☐ HE

$l_1$ Gesamtlänge ..... mm

$l_3$ Bohrteillänge ..... mm

$l_4$ Schaftlänge ..... mm

$l_6$ Aufbohrtiefe ..... mm

$\sigma$ Spitzenwinkel ..... °

$\alpha$ Anfaswinkel ..... °

Innere Kühlmittelzufuhr: ☐ ja ☐ nein

Beschichtung:

☐ blank ☐ TiN ☐ TiCN ☐ TiAlN

☐ andere: .....

Stückzahl: .....

Skizze:

aufgenommen von: .....

Datum/Unterschrift: .....



Ausgefüllt an **(+49) 91 23 / 1 86-2 53** (EMUGE-FRANKEN Anwendungstechnik) faxen.

# Technischer Fragebogen Gewindebohren/Gewindefurchen

Firma: .....

.....

Ansprechpartner: .....

Telefon: .....

Fax: .....

e-mail: .....

Abmessung: .....

Ausführung: .....

Artikel-Nr.: .....

Projekt: .....

---

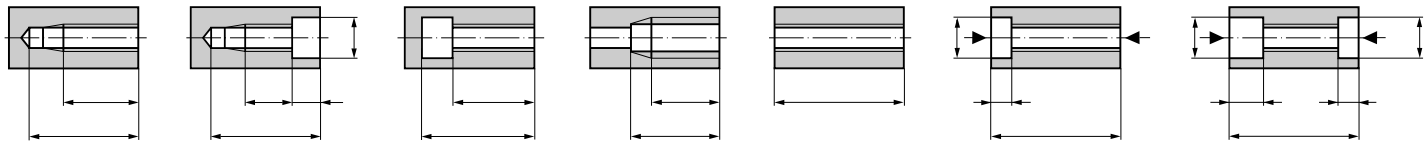
Werkstückbezeichnung: .....

Kernlochdurchmesser: .....

☐ gebohrt ☐ geräumt ☐ gestanzt

☐ gegossen ☐ gezogen

**Kernlochform** – bitte Maße eintragen



---

**Maschine:**

Hersteller: .....

Typ: .....

Antriebsleistung: ..... kW

☐ horizontal ☐ Werkzeug rotierend

☐ vertikal ☐ Werkzeug stehend

**Schnittdaten:**

Drehzahl n: ..... $min^{-1}$

Schnittgeschwindigkeit $v_c$: ..... m/min

**Vorschub:**

☐ Andruckkurve ☐ Sonstige .....

☐ Hydraulik .....

☐ Leitpatrone .....

☐ NC-gesteuert .....

☐ Synchronspindel .....

☐ Zahnräder .....

**Werkzeugaufnahme:**

☐ starr (Spannzange)

☐ Gewindeschneidapparat } Hersteller: .....

☐ Gewindeschneidfutter } Typ: .....

☐ mit Überlastkupplung

☐ mit Längenausgleich

☐ mit achsparalleler Pendelung

☐ mit innerer Kühlmittelzufuhr Druck: ..... bar

**Spindelaufnahme:**

MK / SK / HSK / TR / andere .....

DIN / ANSI / JIS / andere .....

**Werkstückwerkstoff:**

Bezeichnung: .....

Behandlungszustand: .....

Festigkeit: ..... $N/mm^2$

Härte: ..... Dehnung: ..... %

☐ kurzspanend ☐ langspanend

**Kühlung:**

☐ Öl ☐ Emulsion ..... % ☐ trocken

☐ Umlauf ☐ Pinsel ☐ Nebel ☐ Sonstige: .....

**Werkzeug-Empfehlung:**

Ausführung: .....

Artikel-Nr.: .....

Schaftdurchmesser: ..... DIN: .....

Besonderheit: .....

.....

.....

Bisher verwendete Werkzeuge (Hersteller): .....

.....

.....

.....

Standwert: ..... (Anzahl der Gewinde)



aufgenommen von: .....

Datum/Unterschrift: .....

# Technischer Fragebogen Gewindefräsen

Firma: .....

.....

Ansprechpartner: .....

Telefon: .....

Fax: .....

e-mail: .....

Abmessung: .....

Ausführung: .....

Artikel-Nr.: .....

Projekt: .....

---

Werkstückbezeichnung: .....

Werkstückwerkstoff: .....

Ident-Nr.: .....

Festigkeit/Härte: .....

**Einsatzbedingungen:**

Maschinentyp: .....

Steuerung: .....

Bearbeitungsebene: .....

Werkzeugaufnahme: .....

Spindelaufnahme: .....

Kernlochform/Bolzenform: .....

Kühlschmierstoff: .....

Druck: ..... ☐ IKZ

Schnittgeschwindigkeit $v_c$: ..... m/min

Drehzahl n: ..... $min^{-1}$

Standwert: ..... (Anzahl der Gewinde)

Vorschubwerte: $f_z$: ..... mm

$f_s$: ..... mm

$f_b$: ..... mm

Kunde fräst bereits Gewinde:

Abmessung: .....

Hersteller: .....

Ergebnis/besondere Hinweise: .....

.....

.....

Zu erledigen: .....

.....

Skizze:

aufgenommen von: .....

Datum/Unterschrift: .....



Ausgefüllt an **(+49) 91 23 / 1 86-2 72** (EMUGE-FRANKEN TA-GF) faxen.

# Technischer Fragebogen Schneideisen

Firma: .....

.....

Ansprechpartner: .....

Telefon: .....

Fax: .....

e-mail: .....

Abmessung: .....

Ausführung: .....

Artikel-Nr.: .....

Projekt: .....

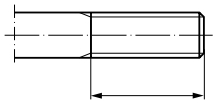
---

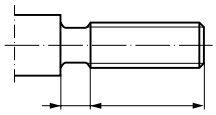
Werkstückbezeichnung: .....

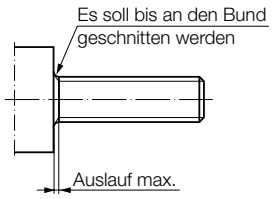
Bolzendurchmesser: .....

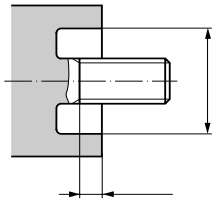
☐ gedreht ☐ gegossen ☐ gezogen

**Bolzenform** – bitte Maße eintragen







---

**Maschine:**

Hersteller: .....

Typ: .....

Antriebsleistung: ..... kW

☐ horizontal ☐ Werkzeug rotierend

☐ vertikal ☐ Werkzeug stehend

**Schnittdaten:**

Drehzahl n: ..... $min^{-1}$

Schnittgeschwindigkeit $v_c$: ..... m/min

**Vorschub:**

☐ Andruckkurve ☐ Sonstige .....

☐ Hydraulik .....

☐ Leitpatrone .....

☐ NC-gesteuert .....

☐ Synchronspindel .....

☐ Zahnräder .....

**Werkzeugaufnahme:**

☐ starr (Spannzange)

☐ Gewindeschneidapparat } Hersteller: .....

☐ Gewindeschneidfutter } Typ: .....

☐ mit Überlastkupplung

☐ mit Längenausgleich

☐ mit achsparalleler Pendelung

☐ mit innerer Kühlmittelzufuhr Druck: ..... bar

**Spindelaufnahme:**

MK / SK / HSK / TR / andere .....

DIN / ANSI / JIS / andere .....

**Werkstückwerkstoff:**

Bezeichnung: .....

Behandlungszustand: .....

Festigkeit: ..... $N/mm^2$

Härte: ..... Dehnung: ..... %

☐ kurzspanend ☐ langspanend

**Kühlung:**

☐ Öl ☐ Emulsion ..... % ☐ trocken

☐ Umlauf ☐ Pinsel ☐ Nebel ☐ Sonstige: .....

**Werkzeug-Empfehlung:**

Ausführung: .....

Artikel-Nr.: .....

Schaftdurchmesser: ..... DIN: .....

Besonderheit: .....

.....

.....

Bisher verwendete Werkzeuge (Hersteller): .....

.....

.....

.....

Standwert: ..... (Anzahl der Gewinde)

aufgenommen von: .....

Datum/Unterschrift: .....

# Technischer Fragebogen Walzrollen

Firma: .....

.....

Ansprechpartner: .....

Telefon: .....

Fax: .....

e-mail: .....

Abmessung: .....

Ausführung: .....

Artikel-Nr.: .....

Projekt: .....

---

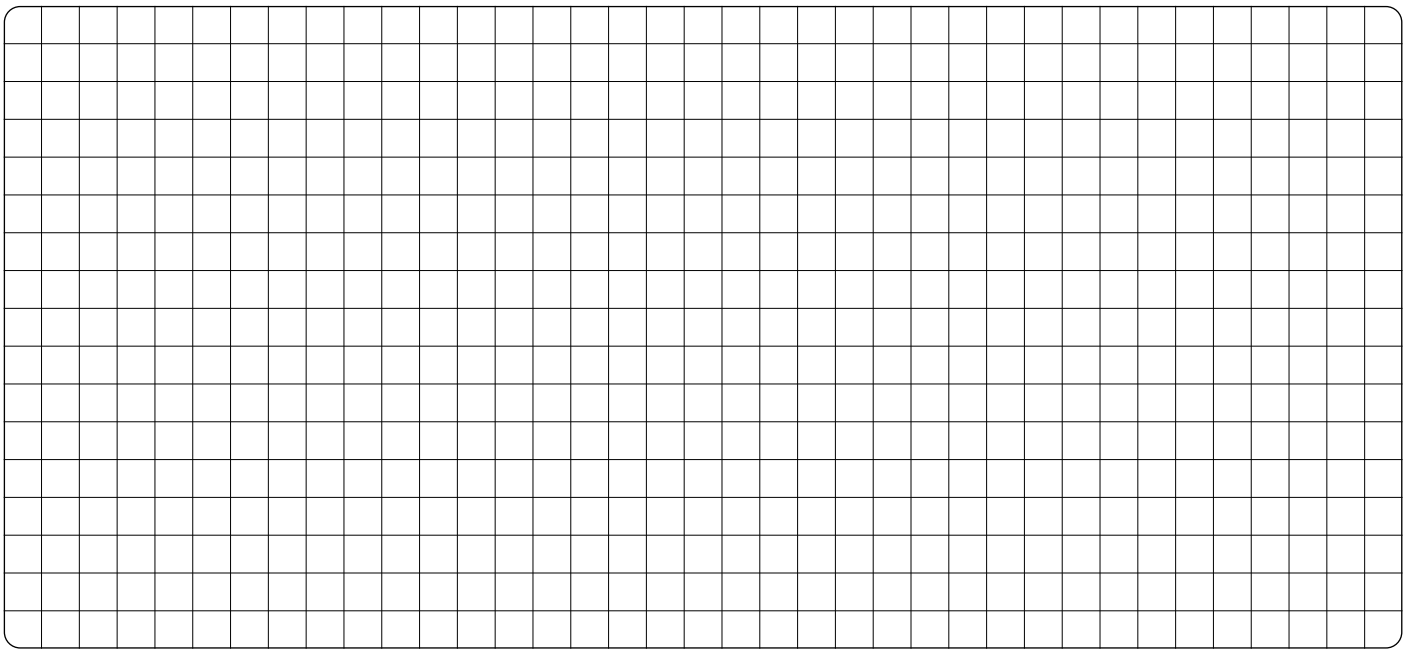
Werkstückbezeichnung: .....

Baumaße: .....

Vorarbeitsdurchmesser: .....

Zeichnungs-Nummer: .....

Skizze:



**Maschine:**

Hersteller: .....

Typ: .....

Außendurchmesser max.: .....

Aufnahmespindeldurchmesser: .....

Keilnutbreite: .....

**Werkstückwerkstoff:**

Bezeichnung: .....

Behandlungszustand: .....

Festigkeit: ..... N/mm²

Härte: ..... Dehnung: ..... %

☐ kurzspanend ☐ kangspanend

**Kühlung:**

☐ Öl ☐ Emulsion ..... % ☐ trocken

☐ Sonstige .....

**Walzverfahren:**

☐ Einstechverfahren (für kurze Werkstücke, max. Rollenbreite bis Aufspannlänge der Walzmaschine)

☐ Durchlaufverfahren (für Walzmaschinen mit nichtschwenkbaren Maschinenachsen)

☐ Durchlaufverfahren teilkorrigiert (für Werkstücke mit großem Steigungswinkel geeignet)

☐ Durchlaufverfahren mit Rillenrollen (für Walzmaschinen mit schwenkbaren Achsen, Herstellung Links- und Rechtsgewinde möglich, Überbrückung geringer Werkstückdurchmesser-Unterschiede möglich)

☐ Verzahnungsrollwerkzeuge (nach DIN 82, DIN 5481, usw.)

aufgenommen von: .....

Datum/Unterschrift: .....



Ausgefüllt an **(+49) 91 23 / 1 86-2 53** (EMUGE-FRANKEN Anwendungstechnik) faxen.

# Technischer Fragebogen Fräsen

Firma: .....

.....

Ansprechpartner: .....

Telefon: .....

Fax: .....

e-mail: .....

Abmessung: .....

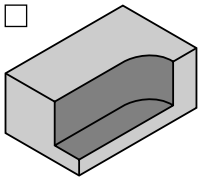
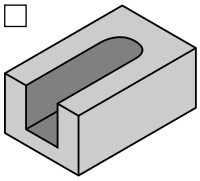
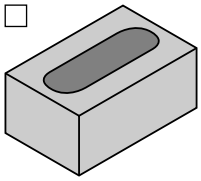
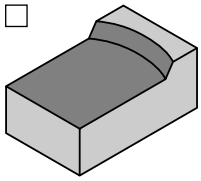
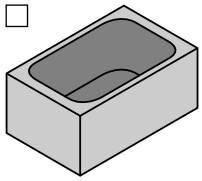
Ausführung: .....

Artikel-Nr.: .....

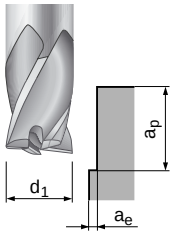
Projekt: .....

Werkstückbezeichnung: .....

**Bearbeitungsfall** – bitte ankreuzen

☐  ☐  ☐  ☐  ☐  ☐ (eigene Skizze)

**Schnittdaten:**




$d_1$: ..... mm

$a_p$: ..... mm

$a_e$: ..... mm

n: ..... $min^{-1}$

$v_c$: ..... m/min

$v_f$: ..... mm/min

$f_z$: ..... mm

**Maschine:**

Hersteller: .....

Typ: .....

Antriebsleistung: ..... kW

Drehzahl max.: ..... $min^{-1}$

| **Stabilität:** | gut | mittel | labil |
|---|---|---|---|
| Maschine | ☐ | ☐ | ☐ |
| Spannung/Werkstück | ☐ | ☐ | ☐ |

**Spindelaufnahme:**

☐ SK DIN 2080 / 69871

☐ HSK DIN 69893 .....

☐ MK DIN 228 A / B

Größe: .....

☐ Andere: .....

**Werkzeugaufnahme:**

☐ Futter für DIN 1835 B / DIN 6535 HB ☐ Spannzange

☐ Schrumpffutter ☐ powRgrip®

☐ Andere: .....

**Bearbeitungssituation:**

☐ Schlichten ☐ Gleichlauf ☐ horizontal

☐ Schruppen ☐ Gegenlauf ☐ vertikal

☐ mit Bohrbearbeitung

**Kühlschmierstoff:**

☐ Öl ☐ Emulsion ..... % ☐ Druckluft

☐ MMS ☐ Sonstige: .....

**Kühlschmierstoffzuführung:**

☐ extern ☐ IKZ ☐ Sonstige .....

**Werkstückwerkstoff:**

Bezeichnung/Stoff-Nr.: .....

Behandlungszustand: .....

Festigkeit/Härte: .....

**Bemerkungen:**

(Rückgabegründe, bisher eingesetztes Werkzeug, etc.) .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**Standwert (m, min, etc.):**

☐ Neuzustand: .....

☐ Nachgeschliffen: .....

aufgenommen von: .....

Datum/Unterschrift: .....

# Technischer Fragebogen Formen- und Gesenkbau

Firma: .....

.....

Ansprechpartner: .....

Telefon: .....

Fax: .....

e-mail: .....

Abmessung: .....

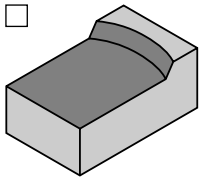
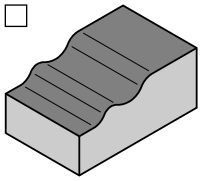
Ausführung: .....

Artikel-Nr.: .....

Projekt: .....

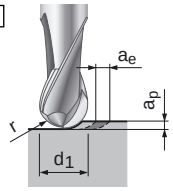
---

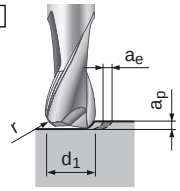
Werkstückbezeichnung: .....

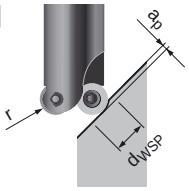
**Bearbeitungsfall** – bitte ankreuzen ☐  ☐  ☐ (eigene Skizze)

---

**Schnittdaten:**

☐ 


☐ 


☐ 


$d_1$: ..... mm n: ..... $min^{-1}$

$d_{WSP}$: ..... mm $v_c$: ..... m/min

r: ..... mm $v_f$: ..... mm/min

$a_p$: ..... mm $f_z$: ..... mm

$a_e$: ..... mm

**Maschine:**

Hersteller: .....

Typ: .....

Antriebsleistung: ..... kW

Drehzahl max.: ..... $min^{-1}$

| **Stabilität:** | gut | mittel | labil |
|---|---|---|---|
| Maschine | ☐ | ☐ | ☐ |
| Spannung/Werkstück | ☐ | ☐ | ☐ |

**Spindelaufnahme:**

☐ SK DIN 2080 / 69871

☐ HSK DIN 69893 .....

☐ MK DIN 228 A / B

} Größe: .....

☐ Andere: .....

**Werkzeugaufnahme:**

☐ Futter für DIN 1835 B / DIN 6535 HB ☐ Spannzange

☐ Schrumpffutter ☐ powRgrip®

☐ Andere: .....

aufgenommen von: .....

**Bearbeitungssituation:**

☐ Schlichten ☐ Schruppen ☐ mit Bohrbearbeitung

☐ horizontal ☐ vertikal

**Zustellung:**

☐ Rampe ..... ° ☐ zirkular ☐ direkt

**Anstellung:**

☐ Winkel ..... ° ☐ simultan 5-achsig

**Kühlschmierstoff:**

☐ Öl ☐ Emulsion ..... % ☐ Druckluft

☐ MMS ☐ Sonstige: .....

**Kühlschmierstoffzuführung:**

☐ extern ☐ IKZ ☐ Sonstige .....

**Werkstückwerkstoff:**

Bezeichnung/Stoff-Nr.: .....

Behandlungszustand: .....

Festigkeit/Härte: .....

**Bemerkungen:**

(Rückgabegründe, bisher eingesetztes Werkzeug, etc.) .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**Standwert (m, min, etc.):**

☐ Neuzustand: .....

☐ Nachgeschliffen: .....

Datum/Unterschrift: .....



Ausgefüllt an **(+49) 9 11 / 95 75-3 27** (EMUGE-FRANKEN Anwendungstechnik FoBau) faxen.

## A

Abgesetzte Spitze, Gewindebohrer ... 285
Abschattungen ... 111
Absetzbecken ... 148
Achsparallele Pendelung ... 681
ACME (Gewindekennbuchstaben) ... 482
Adapter PGR-AGP ... 723
Adaptionsschäfte ... 717
Aerosolerzeugung ... 155
AL plus (Fräsertyp) ... 598
Aluminiumbauteile, Fräsen ... 631
Alu-W-Cut (Fräsertyp) ... 598
Amerikanisches Schraubengewinde ... 481
Amerikanisches zylindrisches Rohrgewinde ... 565
AMO (Gewindekennbuchstaben) ... 482
Anbohrung am Elastik-Schneideisen ... 402
Anbohrung am Schneideisen ... 383
Anfasung am Schneideisen ... 383
Anfurchkegel ... 309
Anfurchkegeldurchmesser ... 308
Anfurchkegelform ... 322
Anfurchkegellänge ... 308, 322
Anfurchkegelwinkel ... 308
Anfurchlänge ... 309
Anlagenkorrektur ... 455
Anlasskurve ... 79
Anlasstemperatur ... 84
Anschliff-Formen ... 168
Anschnitt messen ... 459
Anschnittdruck falsch, Gewindebohren ... 296
Anschnittdurchmesser ... 576
Anschnittdurchmesser am Gewindebohrer ... 251
Anschnittdurchmesser am Schneideisen ... 383
Anschnittdurchmesser messen ... 459, 465
Anschnittfase ... 577
Anschnittfasenbreite ... 459
Anschnittformen am Gewindebohrer, erg. Hinweise ... 286
Anschnittformen nach DIN ... 284
Anschnittfreiwinkel ... 576
Anschnittfreiwinkel am Gewindebohrer ... 251
Anschnittfreiwinkel am Robust 2X-VA ... 580
Anschnittfreiwinkel am Schneideisen ... 383
Anschnitthinterschliff ... 459
Anschnitthinterschliff am Gewindebohrer ... 251
Anschnitthinterschliff am Schneideisen ... 383
Anschnittlänge ... 459, 575
Anschnittlänge am Gewindebohrer ... 251, 286
Anschnittlänge am Schneideisen ... 383
Anschnittschleifen ... 574, 585
Anschnitt-Senkwinkel am Schneideisen ... 383
Anschnittwinkel ... 575
Ansenkwinkel am Gewindefräser ... 342
Ansetzwasser ... 146
Antinebelzusätze ... 145
Antriebsschnecken ... 430
Anwendungsbereich Gewindefurcher ... 311
API-Gewinde ... 483
Arc-Ion-Plating ... 137
Arc-Verfahren ... 135
Arretierschlitz, Elastik-Schneideisen ... 402
Aufbauschneiden beim Kernlochbohren ... 178
Aufbauschneidenbildung beim Gewindebohren ... 297
Aufbohrgewindefräser ... 341
Auflagelineal beim Walzen ... 425
Aufnahmegewinde kegelig ... 529
Aufnahmen (Futter) ... 674
Aufsteckfräsdorne ... 731
Aufsteckfräser ... 604
Aufsteck-Gewindefräser ... 340
Aufsteck-Umfangsfräser ... 597
Ausbruch beim Gewindewalzen ... 447
Ausgangsdreieck ... 470
Auskraglänge ... 628
Auslaufbereich ... 426
Auslaufkegel ... 429
Auslauflänge an Walzrollen ... 433
Ausschuss-Lehrdorn glatt ... 414
Ausschuss-Lehrring glatt ... 415
Außendurchm. am Gewindebohrer, unteres Abmaß ... 290
Außendurchmesser ... 470
Außendurchmesser des Außengewindes ... 470
Außendurchmesser messen ... 463
Außendurchmesser-Toleranzen ... 491
Außengewinde ... 473
Außengewinde kegelig ... 536
Außengewindefräsen ... 348
Außengewindefräsen, Programmierhilfe ... 356
Außengewinde-Grenzmaße ... 490
Außengewindekalibrierung ... 452
Außenvierkant ... 40
Aussparung am Schneideisen ... 383
Austreiblappen am Kernlochbohrer ... 166
AUT-A ... 242
Automaten-Elastik-Kapsel ... 402
Automaten-Gewindefräser ... 340
Automaten-Schneideisen „Schweizer Form“ ... 378
Automatik-Gewinderollen ... 433
Automatik-Segment-Gewinderollen ... 433
Axial-Rollkopf ... 431

## B

B.A. (Gewindekennbuchstaben) ... 481
Back Taper ... 295
Bahnvorschubkorrektur beim Fräsen ... 627
Bauform der Gewindebohrer ... 185
Bauform der Gewindefurcher ... 301
Bauhöhe des Schneideisens ... 383
BCSG (Gewindekennbuchstaben) ... 483
Besäumen ... 613
Beta-Rückstrahlverfahren ... 134
Bezeichnung der EMUGE-Gewindebohrer ... 183
Bezeichnung der EMUGE-Gewindefurcher ... 301
Bezeichnung von eingängigen Gewinden ... 488
Bezeichnung von linksgängigen Gewinden ... 489
Bezeichnung von mehrgängigen Gewinden ... 489
Bezeichnungsbeispiel
– für Gewindebohrer ... 186
– für Gewindefräser ... 344
– für Gewindefurcher ... 302
– für Kernlochbohren ... 167
– für Schneideisen ... 385
– für Vollhartmetall-Schaftfräser ... 596
– für Walzenstirnfräser ... 597
– für Walzrollen ... 434
Bezugsnormal ... 570
BGF (Bohrgewindefräser) ... 333
Biegefestigkeit ... 102
Biokompatibilität ... 113
Biozide ... 146, 148
Blechschraubengewinde ... 479
Blisk ... 633
Bohrgewindefräsen ... 348
Bohrgewindefräser BGF ... 333
Bohrgewindefräser BGF, Programmierhilfe ... 354
Bohrteildurchmesser am Gewindefräser ... 342
Bohrtiefe am Gewindefräser ... 342
Bohrungsdurchmesser am Kernlochbohrer ... 166
Bohrungsdurchmesser an Walzrollen ... 433
Brinellhärte ... 36
Bruchzähigkeit ... 102
BSC (Gewindekennbuchstaben) ... 483
BSF (Gewindekennbuchstaben) ... 481
BSW (Gewindekennbuchstaben) ... 481
BUTT (Gewindekennbuchstaben) ... 483
Buttress (Gewindekennbuchstaben) ... 483

## C

C-amorph, Kennwerte ... 120
Carbonsäureester ... 157
cBN ... 97
Cermet ... 97
Chargiergestell ... 137
Chemical Vapor Deposition ... 110
Chlorparaffine ... 146
Chrom ... 79
Chromnitrid-Schicht ... 123
Clf (chlorfreie Kühlschmierstoffe) ... 150
CNC-Gewindefräsen ... 346
CNC-Maschinen, Programmaufbau ... 358
CNC-Technik, Adressbuchstaben ... 358
CNC-Technik, G-Funktionen ... 359
CNC-Technik, Grundlagen ... 357
CNC-Werkzeugschleifmaschinen ... 580
Co-Anteil ... 106
CrN, Kennwerte ... 123
CSG (Gewindekennbuchstaben) ... 483
CVD ... 110
CVD-Beschichtungsanlage ... 140
CVD-Beschichtungsverfahren ... 140
CVD-Diamantschichten, Kennwerte ... 125

## D

Dampfanlassen ... 30
Decom ... 569
Diamantschichten ... 124
Diamantsuspension ... 132
Diamond-like Carbon ... 120
Dichte ... 102
Dichtscheiben ... 719
DIN-Gewinde ... 519
DIN-Schneideisen ... 375
DKD-Kalibrierlaboratorien ... 570
DLC, Kennwerte ... 120
DLC-Schicht ... 120
Dopingmittel ... 100
Doppelsatz ... 433
Drahtbürste rotierend ... 587
Drahtdurchmesser ... 452
Drahthandbürste ... 586
Drallsteigung ... 35
Drallsteigung am Gewindebohrer ... 251, 285
Drallsteigung am Kernlochbohrer ... 166
Drallwinkel ... 35
Drallwinkel am Gewindebohrer ... 251, 285
Drallwinkel am Kernlochbohrer ... 166
Drallwinkel der Hauptschneiden am Fräser ... 611
Drehmoment ... 23
– bei NPT/NPTF-Gewindebohrern ... 281
– bei Schneideisen ... 396
– bei Trapez-Gewindebohrern ... 280
– beim Gewindebohren ... 279
– beim Gewindefurchen ... 310
– beim Kernlochbohren ... 169
Drehmomentverlauf beim Gewindebohren ... 255
Drehzahl beim Fräsen ... 615
Drei-Draht-Methode ... 454
Drei-Punkt-Methode ... 456
Druck-Eigenspannung ... 111
Druckluft gekühlt ... 158
Drucknocken am Elastik-Schneideisen ... 402
Druckpunktmechanismus ... 677
Dryseal NPSF (Gewindekennbuchstaben) ... 481
Dryseal NPSI (Gewindekennbuchstaben) ... 481
Dryseal NPTF (Gewindekennbuchstaben) ... 482
Dryseal PTF-SAE-SHORT (Gewindekennbuchstaben) ... 482
Durchlauf-Gewinderollen ... 433
Durchlaufrichtung beim Gewindewalzen ... 433
Durchlaufverfahren beim Gewindewalzen ... 443, 444
Durchlaufverfahren mit korrigierten Steigungsrollen ... 427
Durchlaufverfahren mit steigungslosen Rillenrollen ... 429
Durchlaufverfahren mit teilkorrigierten Steigungsrollen ... 428

## E

E (Gewindekennbuchstabe) ... 479, 480
Eckenmaß am Schneideisen ... 383
Eckenradius ... 595
EDX ... 134
Effektiver Schneidendurchmesser ... 615
EG M (Gewindekennbuchstabe) ... 476
Einbaulage ... 605, 612
Eindringbereich ... 426
Einfacher Flankendurchmesser ... 470
Eingriffsverhältnisse bei der Hartbearbeitung ... 624
Einheiten angelsächsisch ... 22
Einheiten SI ... 22
Einheitsaußengewinde ... 475
Einheitsinnengewinde ... 475
Einlaufkegel ... 429
Einlaufkegelwinkel an Walzrollen ... 433
Einlauflänge an Walzrollen ... 433
Einschraubfräser ... 604
Einschraubgruppen ... 489
Einschraublänge ... 470, 472
Einspannlänge des Gewindebohrers ... 251
Einspannlänge des Gewindefräsers ... 342
Einstech-Gewinderollen ... 433
Einstechverfahren ... 425, 443
Einstellringe glatt ... 415
Einstellwinkel ... 459, 575
Einstellwinkel bei Gewindebohrer ... 251
Einstellwinkel bei Robust 2X-VA ... 580
Einstellwinkel bei Schneideisen ... 383
Eintauchwinkel ... 627
Einteilung der Werkstoffe beim Gewindewalzen ... 435
Einzahnplattenfräser EP ... 337
Einzelmessgröße ... 451
Einzelplattenfräser EP, Programmierhilfe ... 352
Elastik-Kapsel ... 402
Elastik-Schlitze ... 402
Elastik-Schneideisen ... 401
Elastik-Schneideisen (verstellbar) ... 376
Elastik-Schneideisen, konstruktive Merkmale ... 402
Elastik-Schneideisen-Einstellung ... 401
Elastik-Schneideisen-Funktion ... 402
Elastik-Schneideisen-Montage ... 401
Elektrogewinde ... 479
Elektroinstallationsrohre ... 528
Elektronenstrahlmikrosonde ... 134
Elektronenstrahl-Verdampfer ... 136
Elektronenstrahl-Verdampfungsverfahren ... 135
Elektro-Slag-Heating ... 89
EM ... 705
EM/IKZ ... 705
EM/IKZ/MMS ... 706
EM/PGR/IKZ ... 709
EM-E-Lock ... 706
EM-ELSE ... 710
EM-L/IKZZ ... 708
Empfindlichkeitskoeffizient ... 453

EM-R ... 711
EM-SE ... 710
EM-U ... 707
EM-U/IKZ ... 707
EM-UL/IKZZ ... 708
Emulgatoren ... 146
Emulsion ... 151
EM-Z/ER/IKZ ... 709
EN 10226-3, Lehrensystem ... 418
Energiedispersive Röntgenmikroanalyse ... 134
Enorm ... 211
Enorm-ÖKO ... 233
Enorm-ÖKO50 ... 234
Enorm-S ... 227
Enorm-SYNCHRO ... 229
Entgraten nachgeschliffener Werkzeuge ... 586
Entgratmöglichkeiten ... 587
Entgratvorgang ... 586
Entschäumer ... 146
Entschichten ... 141
Entsorgung, Kühlschmierstoffe ... 149
EP (Einzahnplattenfräser) ... 337
EP-Additive ... 146
EPMA ... 134
ESH ... 89
Esteröle ... 157
Esteröle natürlich ... 145
Esteröle synthetisch ... 145
ESU-Verfahren ... 87
Etaphase ... 103, 110

## F

Fahrradgewinde ... 479, 483
Fase, Kernlochbohrer ... 166
Fasenbreite am Kernlochbohrer ... 166
Fehler, Ursachen und Abhilfe
– bei Schneideisen ... 403
– beim Fräsen ... 669
– beim Gewindebohren ... 296
– beim Gewindefräsen ... 370
– beim Gewindefurchen ... 323
– beim Gewindewalzen ... 447
– beim Kernlochbohren ... 178
Fertigschlichten ... 630
Festsitzgewinde ... 482
Fettalkohole ... 157
Fettstoffe ... 145
FG (Gewindekennbuchstaben) ... 479
FH ROTARY (Gewindekennbuchstaben) ... 483
Fittings ... 522
Flankendurchm. am Gewindebohrer, oberes Abmaß ... 290
Flankendurchm. am Gewindebohrer, unteres Abmaß ... 290
Flankendurchmesser ... 470, 471
Flankendurchmesser des Außengewindes ... 470
Flankendurchmesser messen ... 464
Flankendurchmesser-Direktmessung ... 463
Flankendurchmesser-Toleranzen ... 493
Flankendurchmesser-Vergleichsmessung ... 464
Flankenfreiwinkel am Elastik-Schneideisen ... 401
Flanken-Hinterschliff ... 464
Flankenhinterschliff am Gewindebohrer ... 251
Flankenüberdeckung ... 470
Flankenwinkel ... 470
Fliehkraft ... 638
Fluchtungsfehler ... 637
Formfräser ... 635
Formgebung ... 100
Formprofilscheibe ... 578
Formschleifscheiben ... 582
Fräsen ... 590
Fräsen, Berechnungsgrundlagen ... 614
Fräsen, Schnittkraft ... 618
Frästechnologie, Anwendungsbeispiele ... 621
Frästechnologie, Formen- und Gesenkbau ... 625
Frästechnologie, Grundlagen ... 607
Fräsdurchmesser am Gewindefräser ... 342
Fräslänge am Gewindefräser ... 342
Fräsverfahren ... 346
Freidrehdurchmesser am Gewindebohrer ... 251
Freiflächenverschleiß ... 609
Freiflächenverschleiß beim Kernlochbohren ... 179
Freiwinkel ... 611
Freiwinkel am Gewindefräser ... 342
Freiwinkel axial am Elastik-Schneideisen ... 401, 402
Freiwinkel radial am Elastik-Schneideisen ... 401, 402
Fremdstoffe in Kühlschmierstoffen ... 148
Führungsdurchmesser am Gewindebohrer ... 251
Führungsfasenverschleiß beim Kernlochbohren ... 179
Führungszapfen am Gewindebohrer ... 251
Futter ... 674

## G

G (Gewindekennbuchstabe) ... 477, 482
Gasphasenabscheidung chemisch ... 110
Gasphasenabscheidung physikalisch ... 110
G-Aus-LD ... 407
G-Aus-LR ... 410
Gebrauchsnormal ... 571
Gefährdungspotential von Kühlschmierstoffen ... 149
Gefügestruktur ... 103
Gegenlauf ... 346
Gegenlauffräsen ... 608
Gegenlehrdorn ... 410
Geometrie an Fräswerkzeugen ... 611
Geometrie von Gewindebohrern ... 284
Geometrie von Gewindefräsern ... 365
Geometrie von Walzrollen ... 443
Geruch von Kühlschmierstoffen ... 148
Gesamtlänge am Fräser ... 611
Gesamtlänge am Gewindebohrer ... 251
Gesamtlänge am Gewindefräser ... 342
Gesamtlänge am Gewindefurcher ... 308
Gesamtlänge am Kernlochbohrer ... 166
Gesamtmessunsicherheit ... 451
Gestaltung der Rohlinge beim Gewindewalzen ... 442
Gestängerohrgewinde ... 480
Gewinde axial verschnitten beim Gewindebohren ... 296
Gewinde eingängig ... 473
Gewinde zweigängig ... 473
Gewinde, rollen ... 445
Gewinde-Abnutzungs-Prüfdorn ... 410
Gewindeanfang ... 474
Gewinde-Arbeitslehren ... 419
Gewindeauslauf ... 474
Gewinde-Ausschuss-Lehrdorn ... 407
Gewinde-Ausschuss-Lehrring ... 410
Gewinde-Ausschuss-Prüfdorn ... 410
Gewindebohren ... 182
Gewindebohrer, technische Lieferbedingungen ... 252
Gewindebohrer, verfahrensspezifische Hinweise ... 255
Gewindebohrreradaptierung ... 683
Gewindebohrer-Bauform ... 185
Gewindebohrer-Bezeichnung ... 183
Gewindebohrer-Bezeichnungsbeispiel ... 186
Gewindebohrer-Geometrie ... 284
Gewindebohrer-Merkmale ... 185
Gewindebohrer-Nomenklatur ... 250
Gewindebohrer-Schnittkraft ... 279
Gewindebohrertypen
– AUT-A ... 242
– Enorm ... 211
– Enorm-ÖKO ... 233
– Enorm-ÖKO50 ... 234
– Enorm-S ... 227
– Enorm-SYNCHRO ... 229
– KOMBI ... 221
– MMB ... 222
– Rekord A ... 187
– Rekord AERO-S ... 226
– Rekord A-ÖKO ... 230
– Rekord A-S ... 223
– Rekord B ... 194
– Rekord B-ÖKO ... 231
– Rekord B-S ... 224
– Rekord B-SYNCHRO ... 228
– Rekord C ... 201
– Rekord D ... 205
– Rekord DF ... 209
– Rekord D-ÖKO ... 232
– Rekord D-S ... 225
– Robust E ... 203
– Robust ES ... 204
– Robust X ... 220
– Rund-Rekord A ... 248
– Satz-GB ... 238
– Trapez-2Stuf ... 243
– Trapez-AM-VA ... 243
– Trapez-Rekord 2C ... 246
– Trapez-Satz ... 244
– VHM/KHM-Satz-GB ... 241
– VHM-Rekord A ... 235
– VHM-Rekord D ... 237
Gewindebohrer-Typenform ... 184
Gewindedrahteinsätze ... 528
Gewindedraht-Einsatzgewinde ... 482
Gewindedurchm. für das Schneiden in einem Schnitt ... 397
Gewindedurchmesser am Gewindefurcher ... 308
Gewindeeinläufe von Walzwerkzeugen ... 443
Gewindeende ... 474
Gewindeflankenwinkel ... 470
Gewindeflankenwinkel am Gewindebohrer ... 288, 291
Gewindefräsen ... 326
Gewindefräser GF ... 327
Gewindefräser GF kegelig, Programmierhilfe ... 350
Gewindefräser GF, Programmierhilfe ... 349
Gewindefräser mit Senkfase GSF ... 331
Gewindefräser mit Senkfase GSF, Programmierhilfe ... 351
Gewindefräser nachschleifen ... 583
Gewindefräser, technische Lieferbedingungen ... 343
Gewindefräser, verfahrensspezifische Hinweise ... 346
Gewindefräser-Bezeichnungsbeispiele ... 344
Gewindefräser-Geometrie ... 365
Gewindefräser-Modifikationen ... 368
Gewindefräser-Nomenklatur ... 342
Gewindefräser-Rundlauf, maximal zulässig ... 347
Gewindefräsertypen
– Aufsteck-Gewindefräser ... 340
– Automaten-Gewindefräser ... 340
– Bohrgewindefräser BGF ... 333
– Einzahnplattenfräser EP ... 337
– Gewindefräser GF ... 327
– Gewindefräser mit Senkfase GSF ... 331
– Modulares Senksystem MoSys ... 338
– Wechselplattenfräser WSP ... 337
– Zirkular-Bohrgewindefräser ZBGF ... 335
Gewindefräsverfahren ... 348
Gewindefräsvorgang ... 346
Gewindefurchen ... 300
Gewindefurcher, technische Lieferbedingungen ... 309
Gewindefurcher, verfahrensspezifische Hinweise ... 309
Gewindefurcher-Anwendungsbereich ... 311
Gewindefurcher-Bauform ... 301
Gewindefurcher-Bezeichnung ... 301
Gewindefurcher-Bezeichnungsbeispiel ... 302
Gewindefurcher-Merkmale ... 302
Gewindefurcher-Nomenklatur ... 308
Gewindefurcher-Ölnuten / -Schmiernuten ... 308
Gewindefurchertypen
– GFU Drück-PM ... 306
– GFU Drück-S ... 303
– GFU Drück-Z ... 307
– VHM-GFU Drück-S ... 305
Gewindefurcher-Typenform ... 301
Gewindefurchvorgang ... 309
Gewindegänge ... 470
Gewinde-Grenz-Einstelllehre ... 411
Gewinde-Grenz-Lehrdorn ... 408
Gewinde-Grenz-Lehrdorn keg., mit Gewindeausspar. ... 419
Gewinde-Grenz-Lehrdorn kegelig ... 419
Gewinde-Grenz-Lehrring zylindrisch ... 420
Gewinde-Grenz-Rollenrachenlehre ... 411
Gewinde-Gut-Lehrdorn ... 407
Gewinde-Gut-Lehrring ... 409
Gewinde-Gut-Prüfdorn ... 410
Gewindekerndurchmesser am Elastik-Schneideisen ... 402
Gewindelänge am Gewindebohrer ... 251
Gewindelänge am Gewindefurcher ... 308
Gewindelehren für Außengewinde ... 409
Gewindelehren für Innengewinde ... 407
Gewindemessschrauben ... 464
Gewindenenndurchmesser am Gewindebohrer ... 251
Gewindenenndurchmesser am Schneideisen ... 383
Gewindeoberfläche beim Gewindebohren unsauber ... 297
Gewindepaarung ... 485
Gewindepassungen ... 475
Gewindeprofilwinkel ... 453, 470
Gewindeprofilwinkel am Gewindebohrer ... 288
Gewindeprofilwinkel-Abweichung ... 452
Gewinde-Prüfdorn kegelig mit verkürzten Flanken ... 421
Gewinde-Prüflehren ... 421
Gewinde-Prüfring zylindrisch mit verkürzten Flanken ... 421
Gewindereihen ... 560
Gewinderollen ... 433
Gewindeschneidapparate ... 674, 701
– GR ... 701
– GRN-NC ... 702
– SWITCH-MASTER ... 703
Gewindeschneidfutter ... 674
– HF ... 700
– KSN ... 686
– KSN/HD ... 688
– KSN/IKZ(Z)/MMS ... 687
– KSN/Softhydro ... 695
– KSN/Softsynchro ... 691
– KSN/Softsynchro/MMS ... 693
– KSN/Softsynchro/PGR ... 696
– KSN/Synchro ... 689
– KSN/Synchro/PGR ... 690
– SFM ... 697
– SFM-L (-DZ) ... 699
– SFM-NP ... 698
Gewindeschneidöl ... 151
Gewindeschneidpaste ... 151
Gewindeschneidvorgang mit Gewindebohrern ... 255
Gewindeschneidvorgang mit Schneideisen ... 386
Gewindesteigung am Gewindebohrer ... 288
Gewindesteigung am Innengewinde ... 288

Gewindetabellen ... 485
Gewindetiefe für NPT/NPTF-Gewinde ... 281
Gewindeübersicht ... 476
Gewindewalzen ... 424
Gewindewalzen, Bezeichnungsbeispiele ... 434
Gewindewalzen, Einteilung der Werkstoffe ... 435
Gewindewalzen, Geometrie von Walzrollen ... 443
Gewindewalzen, Gestaltung der Rohlinge ... 442
Gewindewalzen, Nomenklatur ... 433
Gewindewalzen, technische Lieferbedingungen ... 433
Gewindewalzen, verfahrensspezifische Hinweise ... 435
Gewindewalzrollen nach- und umschleifen ... 585
Gewindewalzvorgang ... 435
GF (Gewindefräser) ... 327
GFU Drück-PM ... 306
GFU Drück-S ... 303
GFU Drück-Z ... 307
Gg (Gewindekennbuchstaben) ... 480
G-Gr-Einst-LD ... 411
G-Gr-LD ... 408
G-Gut-LD ... 407
G-Gut-LR ... 409
GL (Gewindekennbuchstaben) ... 479
Glasg (Gewindekennbuchstaben) ... 479
Glasgewinde ... 479
Glasperlenstrahlen ... 587
Glatt-Aus-LD ... 414
Glatt-Aus-LR ... 411, 415
Glatte Lehren für Bohrungen ... 414
Glatte Lehren für Wellen ... 415
Glatt-Einst-LR ... 415
Glätten mit Gewinderollmaschinen ... 447
Glatt-Gr-LD ... 408
Glatt-Gut-LD ... 414
Glatt-Gut-LR ... 411, 415
Gleichlauf ... 346
Gleichlauffräsen ... 608
Gleit-Deckschicht, Kennwerte ... 122
Glocken-Schneideisen ... 379
GR ... 701
Gradientenschichten ... 115
Grat beim Kernlochbohren ... 179
Grenz-Lehrring glatt, kegelig ... 420
Grenzmaße ... 496
Grenzmaße für Innengewinde ... 490
GRN-NC ... 702
Grobkorn-Hartmetall ... 107
G-Roll-L-Gr ... 411
Größt-Flankendurchmesser am Gewindebohrer ... 288
Grundabmaß am Innengewinde ... 288
Grundlegierungen ... 83
Grundprofil ... 485
GS (Gewindekennbuchstaben) ... 478
GSF (Gewindefräser mit Senkfase) ... 331
Gütestufe ... 638
Gut-Lehrdorn glatt ... 414
Gut-Lehrring glatt ... 415

## H

H (Fräsertyp) ... 593
HA (Gewindekennbuchstaben) ... 480
Halsdurchmesser am Gewindebohrer ... 251
Halsdurchmesser am Gewindefräser ... 342
Halsdurchmesser am Gewindefurcher ... 308
Halslänge am Gewindebohrer ... 251
Halslänge am Gewindefräser ... 342
Halteloch am Schneideisen ... 383
Haltelochdurchmesser am Schneideisen ... 383
Hard-Cut (Fräsertyp) ... 598
Härte am Schneidteil von Gewindebohrern ... 286
Härtevergleich Schneidstoffe und Beschichtungen ... 606
Härtevergleichstabelle ... 36
Härteverlust des Gewindebohrers d. Wärmeeinfluss ... 298
Hartfräsen ... 622
Hartmetall ... 96
Hartmetall-Beurteilung ... 102
Hartmetallherstellung ... 100
Hartmetall-Rohstoffe ... 99
Hartverchromt ... 30
Häufigkeitsverteilung ... 451
Hauptfreifläche am Kernlochbohrer ... 166
Hauptschneide ... 611
Hauptschneide am Kernlochbohrer ... 166, 168
Hauptschneidenausbrüche beim Kernlochbohren ... 179
Hauptschneidenlänge am Kernlochbohrer ... 166
HB (Gewindekennbuchstaben) ... 480
HE-Einsatz ... 711
Heißpressen ... 101
HE-MK-Einsatz ... 712
Herstelltoleranzen für Gewindelehren ... 412
Herstelltoleranzen für Schneideisen ... 400
HF (Fräsertyp) ... 593
HF (Gewindeschneidfutter) ... 700
High Performance Cutting (HPC) ... 623
High Speed Cutting (HSC) ... 623
Hinterschleifen ... 574
Hinterschliff ... 574
HIP-Prozess ... 88
Hochdruckzusätze ... 146
Hochgeschwindigkeitsbearbeitung ... 675
Hochgeschwindigkeitsfräsen ... 623
Hochleistungsfräsen ... 623
Hochtemperatur-Prozess ... 111
Höhe am Innengewindeprofil ... 288
Hohlkörper rollen ... 445
Hohlschliff ... 611
Holzschraubengewinde ... 479
HPC (High Performance Cutting) ... 623
HPC-Jet-Cut (Fräsertyp) ... 598
HR (Fräsertyp) ... 593, 598
H-rekord (Fräsertyp) ... 598
HR-rekord (Fräsertyp) ... 598
HSC (High Speed Cutting) ... 623
HSK (Kegel-Hohlschaft) ... 64
HSS-E-Leitausführung ... 93
HSS-Leitausführung ... 93
Hydrocracköle ... 157
Hydrodehnfutter ... 729
Hydrodehnspannsystem ... 682

## I

IF ROTARY (Gewindekennbuchstabe) ... 483
IKZ ... 679
IKZ am Gewindebohrer ... 251
IKZN am Gewindebohrer ... 251
Infrarotüberwachungssystem IR ... 724
Innengewinde ... 473
Innengewinde zylindrisch ... 536
Innengewindefräsen ... 348
Innengewinde-Grenzmaße ... 490
Innensegment-Walzverfahren ... 426
Innenvierkant ... 40
Innere Kühlmittelzufuhr (IKZ) ... 679
Ion Plating ... 135
Ionenplattieren ... 135
ISO 7-2:2000, Lehrensystem ... 418

## K

Kabelverschraubungen ... 528
Kalibrierbereich ... 426, 429
Kalibrieren ... 568
Kalibrierschein ... 452
Kalibrierstatus ... 569
Kalibrierteil an Walzrollen ... 433
Kalibrierung ... 568
KALIMERO ... 569
Kalotte ... 114
Kalottenschliff ... 116, 132
Kaltluftdüse ... 158, 636
Kaltschweißungen beim Gewindebohren ... 296
Kammrissbildung ... 610
Kammrisse ... 152
Kantenausbröckelungen ... 583
Kegel-Hohlschäfte (HSK) ... 64
Kegeliges Rohrgewinde ... 477
Kegelreiniger PGR-TKC ... 723
Keilwinkel ... 611
Keimzahl ... 148
Kennwerte von Hartmetall ... 106
Kerbverzahnungswalzen ... 430
Kern, Kernlochbohrer ... 166
Kernausrundung ... 485, 495
Kerndicke am Kernlochbohrer ... 166
Kerndurchmesser ... 470
Kerndurchmesser am Gewindebohrer ... 291
Kerndurchmesser messen ... 465
Kerndurchmesser-Toleranzen ... 491
Kernlochbohren ... 162
Kernlochbohren, technische Lieferbedingungen ... 167
Kernlochbohrer-Bezeichnungsbeispiele ... 167
Kernlochbohrer-Nomenklatur ... 166
Kernlochbohrer-Schnittkraft ... 169
Kic ... 102
Kleinster Außendurchmesser am Gewindebohrer ... 288
Kleinst-Flankendurchmesser am Gewindebohrer ... 288
Knochenschrauben ... 480
Knoop-Messverfahren ... 133
Kobalt ... 80
Kobalt-„Leaching“ ... 134, 152
Koerzitivfeldstärke ... 103
Kohlenstoffschichten amorph ... 120
Kohlenwasserstoffe ... 157
Kohlenwasserstoffe synthetisch ... 145
Kolkverschleiß ... 609
KOMBI ... 221
Kommaspan ... 346
Konische Gewinde rollen ... 446
Konizität am Elastik-Schneideisen ... 401
Konsistenz der Kühlschmierstoffe ... 148
Konzentration der Kühlschmierstoffe ... 147
Korngröße ... 100, 106
Korngrößenbereiche ... 106
Korrosionsschutzadditive ... 145
Korrosionsschutzfähigkeit ... 147
Kreismittelpunktkoordinaten ... 362
Kreuzanschliff ... 168
Kristalline Struktur ... 125
KS (Gewindekennbuchstaben) ... 478
KSN ... 686
KSN/HD ... 688
KSN/IKZ(Z)/MMS ... 687
KSN/Softhydro ... 695
KSN/Softsynchro ... 691
KSN/Softsynchro/MMS ... 693
KSN/Softsynchro/PGR ... 696
KSN/Synchro ... 689
KSN/Synchro/PGR ... 690
KT (Gewindekennbuchstaben) ... 477
Kubisches Bornitrid (CBN) ... 97
Kugelfräser ... 595
Kühlmitteldruck ... 681
Kühlmittelrohre für HSK-Schäfte ... 721
Kühlschmierstoff-Anwendungsgebiete ... 151
Kühlschmierstoff-Aussehen ... 148
Kühlschmierstoffbohrungsdrm. am Gewindebohrer ... 251
Kühlschmierstoffe ... 144
Kühlschmierstoffe chlorfrei ... 150
Kühlschmierstoffe chlorhaltig ... 150
Kühlschmierstoffe nichtwassermischbar ... 145
Kühlschmierstoffe wassermischbar ... 145
Kühlschmierstoff-Entsorgung ... 149
Kühlschmierstoff-Fremdstoffe ... 148
Kühlschmierstoff-Gefährdungspotential ... 149
Kühlschmierstoff-Geruch ... 148
Kühlschmierstoff-Konsistenz ... 148
Kühlschmierstoff-Konzentration ... 147
Kühlschmierstoff-Schutzmaßnahmen ... 149
Kühlschmierstoffzuführung intern am Gewindebohrer, Austritt axial ... 251
Kühlschmierstoffzuführung intern am Gewindebohrer, Austritt radial ... 251
Kühlung ... 144
Kürzen (Anschnitt) ... 574

## L

Längenausgleich ... 676
Längenmesstechnik ... 568
Laugen ... 147
LCSG (Gewindekennbuchstaben) ... 483
Legierungselemente-Einfluss ... 83
Legierungsvarianten ... 83
Lehren ... 406
Lehren für Außengewinde-Außendurchmesser ... 411
Lehren für Innengewinde-Kerndurchmesser ... 408
Lehrentypen
– G-Aus-LD ... 407
– G-Aus-LR ... 410
– G-Gr-Einst-LD ... 411
– G-Gr-LD ... 408
– G-Gut-LD ... 407
– G-Gut-LR ... 409
– Glatt-Aus-LD ... 414
– Glatt-Aus-LR ... 411, 415
– Glatt-Einst-LR ... 415
– Glatt-Gr-LD ... 408
– Glatt-Gut-LD ... 414
– Glatt-Gut-LR ... 411, 415
– G-Roll-L-Gr ... 411
– P-Ap-A ... 410
– P-Ap-G ... 410
– P-Aus-A ... 410
– P-Aus-G ... 410
– P-Gut-A ... 410
– P-Gut-G ... 410
Lehrung SELF-LOCK-Gewinde ... 422
Leistung bei Schneideisen ... 396
Leistung beim Gewindebohren ... 279
Leistung beim Kernlochbohren ... 169
Leitausführung HSS ... 93
Leitausführung HSS-E ... 93
Leitpatronen ... 580
Lichtbogen-Verdampfer ... 137
Lichtbogen-Verfahren ... 135
Linksgewinde ... 473
LP (Gewindekennbuchstaben) ... 483

## M

M (Gewindekennbuchstabe) ... 476
Magnetinduktive Verfahren ... 134

# Stichwortverzeichnis


Magnetische Sättigung ... 103
Magnetronsputtern ... 135, 139
Makroporen ... 103
Martens-Härte ... 133
Maschinenleistung ... 23
Maschinennullpunkt ... 360
Massenverteilung ... 637
Maßverkörperung ... 568
Materialaufschweißung beim Gewindebohren ... 296
Mega TOP Extreme (Fräsertyp) ... 598
Mega TOP Hard (Fräsertyp) ... 598
Mega TOP Inox (Fräsertyp) ... 598
Mega TOP Light (Fräsertyp) ... 598
Mega TOP Medium (Fräsertyp) ... 598
Mega TOP Soft (Fräsertyp) ... 598
Mehrlagenschichten ... 117
Merkmale von Gewindebohrern ... 185
Merkmale von Gewindefurchern ... 302
Messdrahtabplattung ... 455
Messdrähte ... 452
Messeinsätze ... 464
Messen von Gewindelehren ... 450
Messen von Gewinden ... 450
Messgröße ... 451
Messnormale ... 569
Messstelle ... 459
Messstellen ... 458
Messunsicherheit ... 450, 451
Metall-Kohlenstoff-Schichten ... 120
Metrisches ISO-Gewinde ... 476
Metrisches ISO-Trapezgewinde ... 477
Metrisches kegeliges Außengewinde ... 476
Metrisches Sägengewinde ... 478
MFS (Gewindekennbuchstaben) ... 476
Mikrofiltration ... 150
Mikroporen ... 103
Mikroskop-Gewinde ... 482
Mineralöle ... 145
Mineralölraffinate ... 157
Minimalmengenschmierung ... 153, 154
Minimalmengenschmierung bei Futtern ... 680, 694
Minimalmengenschmierung beim Fräsen ... 621
Minimalmengenschmierung, Entmischungsbereiche ... 156
Minimalmengenschmierung, externe Zuführung ... 154
Minimalmengenschmierung, interne Zuführung ... 155
Minimalmengenschmierung, Schmierstoffe ... 157
Mischkarbid-Feinstkornhartmetall ... 107
Mitnahme an Walzrollen ... 433
Mitnahmefläche seitlich ... 594
Mitnehmerlappen am Kernlochbohrer ... 166
Mittelpunktbahn ... 361
Mittelpunktsbahn ... 627
Mitteltemperatur-Prozess ... 111
MIV-Verfahren ... 134
MJ (Gewindekennbuchstaben) ... 477
MJ-Gewinde ... 477, 532
MMB ... 222
MMS ... 153, 680
Modifikationen an Gewindefräsern ... 368
Modulares Senksystem MoSys ... 338
Morsekegelschäfte ... 48
$MoS_2$, Kennwerte ... 120
MoSys (modulares Senksystem) ... 338


## N


N (Fräsertyp) ... 593, 598
Nachschleifen von Gewindebohrern ... 574
Nachschleifen von Schneideisen ... 584
Nachschleifen von Werkzeugen ... 574
Nachschleifgeräte ... 580
Nachschleifservice ... 581
Nachsetzen ... 574
Nanokristalline Struktur ... 125
Nanolagen ... 117
Nassbearbeitung ... 153
Nassschliff ... 582
Nationales Normal ... 570
NC (Gewindekennbuchstaben) ... 481
NC ROTARY (Gewindekennbuchstaben) ... 483
NC-5 HF (Gewindekennbuchstaben) ... 482
NC-5 IF (Gewindekennbuchstaben) ... 482
N-Cut (Fräsertyp) ... 598
Near net shape ... 97
Nebenschneide ... 611
Nebenschneide am Kernlochbohrer ... 166
NEF (Gewindekennbuchstaben) ... 481
Neigungswinkel ... 615
Nenn-Außendurchmesser am Gewindebohrer ... 288
Nenn-Außendurchmesser am Innengewinde ... 288
Nenn-Flankendurchmesser am Gewindebohrer ... 288
Nenn-Flankendurchmesser am Innengewinde ... 288
Nenn-Kerndurchmesser am Innengewinde ... 288
Nennprofil ... 485
Neutralisiert ... 30
NF (Fräsertyp) ... 593, 598
NF (Gewindekennbuchstaben) ... 481
NF-rekord (Fräsertyp) ... 598
NH (Gewindekennbuchstaben) ... 481
Nitratwert ... 148
Nitriert ... 30
Nitritwert ... 148
Nomenklatur
– Gewindebohrer ... 250
– Gewindefräser ... 342
– Gewindefurcher ... 308
– Kernlochbohrer ... 166
– Schneideisen ... 382
– Walzrollen ... 433
Normal ... 568
Normal-Freiwinkel am Kernlochbohrer ... 166
Normal-Spanwinkel am Kernlochbohrer ... 166
Normenübersicht Metrisches ISO-Gewinde ... 484
NPSC (Gewindekennbuchstaben) ... 481
NPSH (Gewindekennbuchstaben) ... 481
NPSL (Gewindekennbuchstaben) ... 481
NPSM (Gewindekennbuchstaben) ... 481
NPT (Gewindekennbuchstaben) ... 482
NPTF-Gewinde-Lehrung ... 417
NPT-Gewinde-Lehrung ... 416
NPTR (Gewindekennbuchstaben) ... 482
NR (Fräsertyp) ... 593, 598
NR-Cut (Fräsertyp) ... 598
NS (Gewindekennbuchstaben) ... 481
N-TR (Fräsertyp) ... 598
Nullpunktverschiebung ... 360
Nutbreite (Ölnuten) am Gewindefurcher ... 308
Nutenbreite am Gewindebohrer ... 251
Nutenfräsen zirkular ... 623
Nutenlänge am Gewindebohrer ... 251
Nutenöffnung am Robust 2X-VA ... 579
Nutzbare Länge am Gewindebohrer ... 251
Nutzbare Länge am Gewindefurcher ... 308
NWave (Fräsertyp) ... 598


## O


Oberes Abmaß Flankendurchm. am Gewindebohrer ... 288
Oberflächengüte ... 617
Oberflächenschutz ... 681
Oberflächenveredelung ... 30
Ölnuten / Schmiernuten am Gewindefurcher ... 308
Ölnuten am Gewindebohrer ... 251
Ölnutenlänge am Gewindefurcher ... 308
Ölnut-Seelendurchmesser am Gewindefurcher ... 308
Orthogonalspanw. der Nebenschneiden am Fräser ... 611


## P


PAO ... 157
P-Ap-A ... 410
P-Ap-G ... 410
Paraffin ... 100
Paraffinwachs ... 100
P-Aus-A ... 410
P-Aus-G ... 410
Pendelwalzverfahren ... 430
PF (Gewindekennbuchstaben) ... 482
Pg (Gewindekennbuchstaben) ... 479
PGC 1500 ... 723
PGC 2500 ... 723
PGU 6000 ... 722
P-Gut-A ... 410
P-Gut-G ... 410
Phosphorverbindungen organisch ... 146
pH-Wert ... 147
Physical Vapor Deposition ... 110
Physikalisch-Technische Bundesanstalt ... 570
PKD ... 97
Planköpfe ... 339
Planspiegeln ... 327, 328
Plasma-CVD-Prozess ... 111
Plastifizierungsmittel ... 101
Plastische Verformung ... 610
PM-Stähle ... 88
Polyalphaolefine ... 157
Polykristalliner Diamant ... 97
Porosität ... 103
powRgrip® ... 730
Prägepolieren mit Gewinderollmaschinen ... 447
Präzisionswerkzeugaufnahme ... 730
Presshilfsstoffe ... 101
Primärfreiwinkel der Hauptschneiden am Fräser ... 611
Primärfreiwinkel der Nebenschneiden am Fräser ... 611
Profilhöhe ... 470
Profilkorrektur am Gewindefräser ... 366
Profiltreue ... 583
Profilverzerrung beim Gewindefräsen ... 366
Profilwalzen mit Axial-Rollkopf ... 431
Profilwalzen mit Radial-Rollkopf ... 432
Profilwalzen mit Tangential-Rollkopf ... 431
Profilwalzen mit Verzahnungswalzen ... 430
Programmierhilfe
– für Außengewindefräser ... 356
– für Bohrgewindefräser BGF ... 354
– für Einzelplattenfräser EP ... 352
– für Gewindefräser GF ... 349
– für Gewindefräser GF kegelig ... 350
– für Gewindefräser mit Senkfase GSF ... 351
– für Wechselplattenfräser WSP ... 353
– für Zirkular-Bohrgewindefräser ZBGF ... 355
Prozesssicherheit ... 692
Prüfmaß ... 452
Prüfmaßformel ... 452
Prüfmaßtabellen ... 455
Prüfmittelmanagement ... 568
Prüfmittelplanung ... 569
Prüfmittelüberwachung ... 568, 569
Prüfmittelverwaltung ... 569
PS (Gewindekennbuchstaben) ... 482
PT (Gewindekennbuchstaben) ... 482
PTB ... 570
Pulveraufbereitung ... 100
Pulvermetallurgische Herstellung ... 88
PVD ... 110
PVD-Beschichtung ... 111


## Q


Querschneide am Kernlochbohrer ... 166, 168
Querschneidenecke am Kernlochbohrer ... 166
Querschneidenlänge am Kernlochbohrer ... 166
Querschneidenverschleiß beim Kernlochbohren ... 179
Querschneidenwinkel am Kernlochbohrer ... 166


## R


R (Gewindekennbuchstabe) ... 477, 482
Radial-Rollkopf ... 432
Radiuskorrektur ... 361
Radiusschneide ... 595
Rampenwinkel ... 627
Ranque-Prinzip ... 158
Rasterelektronenmikroskop ... 134
Rc (Gewindekennbuchstaben) ... 482
Rd (Gewindekennbuchstaben) ... 478, 479
Rechtsgewinde ... 473
Refraktometerfaktor ... 147
REG LH ROTARY (Gewindekennbuchstaben) ... 483
REG ROTARY (Gewindekennbuchstaben) ... 483
Reibwert ... 112
Rekord A ... 187
Rekord AERO-S ... 226
Rekord A-ÖKO ... 230
Rekord A-S ... 223
Rekord B ... 194
Rekord B-ÖKO ... 231
Rekord B-S ... 224
Rekord B-SYNCHRO ... 228
Rekord C ... 201
Rekord D ... 205
Rekord DF ... 209
Rekord D-ÖKO ... 232
Rekord D-S ... 225
REM ... 134
Restmaterial entfernen ... 630
Restunwucht zulässig ... 638
RFA ... 134
Rillenrollen ... 433
Rillenrollen steigungslos ... 429
RMS (Gewindekennbuchstaben) ... 480
RMS-Gewinde ... 480
Robust 2X-VA nachschleifen ... 579
Robust E ... 203
Robust ES ... 204
Robust X ... 220
Rockwellhärte ... 36
Rohrgewinde ... 481, 482
Rollen-Außendurchmesser an Walzrollen ... 433
Rollenbreite an Walzrollen ... 433
Röntgenfluoreszens-Analyse ... 134
Rp (Gewindekennbuchstaben) ... 477, 482
Rubber-Flex-Spannzangen ... 683
Rücken am Kernlochbohrer ... 166
Rückendurchmesser am Kernlochbohrer ... 166
Rückenkante am Kernlochbohrer ... 166
Rückentiefe am Kernlochbohrer ... 166
Rückenwinkel am Gewindebohrer ... 251
Rückführbarkeit ... 570
Rückführung der Messergebnisse ... 452
Rückspanwinkel der Hauptschneiden am Fräser ... 611
Rundgewinde ... 478, 544
Rundlauf am Gewindefräser ... 347
Rundlauffehler ... 637

Rundlauffehler beim Kernlochbohren ... 178
Rundlaufgenauigkeit ... 737
Rundlineal-Walzverfahren ... 426
Rund-Rekord A ... 248
Rundrollen ... 433

## S

S (Gewindekennbuchstabe) ... 476, 478
Sägengewinde ... 478, 483
Satz-GB ... 238
Säuren ... 147
Schaftausführungen der Gewindeschneidfutter ... 685
Schaftdurchmesser am Fräser ... 611
Schaftdurchmesser am Gewindebohrer ... 251
Schaftdurchmesser am Gewindefräser ... 342
Schaftdurchmesser am Gewindefurcher ... 308
Schaftfräser ... 604
Schaftlänge am Gewindebohrer ... 251
Schaftverlängerungen ... 717
Schälanschnitt am Schneideisen ... 383
Schälanschnitt schleifen ... 577
Schälanschnittlänge ... 579
Schälanschnittlänge am Gewindebohrer ... 251
Schälanschnittneigung ... 578
Schälanschnittneigung am Gewindebohrer ... 251
Schälanschnittwinkel ... 578
Schälanschnittwinkel am Gewindebohrer ... 251
Schälanschnittwinkel am Schneideisen ... 383
Schaumhemmer ... 145
Scheelit ... 99
Schichtdicke ... 132
Schichten tribologisch ... 110
Schichten verschleißmindernd ... 110
Schichthaftung ... 110, 134
Schichthärte ... 133
Schichtsysteme-Übersicht ... 129
Schleifgrat am Gewindebohrer ... 298
Schleifmittel ... 585
Schleifscheibe ... 581
Schleifscheibenform ... 581
Schleifvorgang ... 581
Schlichtfräser ... 595
Schlüsselweite am Schneideisen ... 383
Schmelzmetallurgische Herstellung ... 86
Schmierung ... 144
Schnecken rollen ... 444
Schneidbereich ... 684
Schneidecke am Kernlochbohrer ... 166
Schneideisen ... 374
Schneideisen nachschleifen ... 584
Schneideisen, technische Lieferbedingungen ... 384
Schneideisen, verfahrensspezifische Hinweise ... 386
Schneideisen-Bezeichnungsbeispiele ... 385
Schneideisendurchmesser ... 383
Schneideisenhöhe ... 383
Schneideisen-Nomenklatur ... 382
Schneideisen-Schnittkraft ... 396
Schneideisentypen
– Autom.-Schneideisen „Schweizer Form“ ... 378
– DIN-Schneideisen ... 375
– Elastik-Schneideisen (verstellbar) ... 376
– Glocken-Schneideisen ... 379
– Sechskant-Schneideisen ... 380
Schneidenausführung ... 592
Schneidenbruch ... 610
Schneidendurchmesser am Fräser ... 611
Schneidenlänge am Fräser ... 611
Schneidglocke am Schneideisen ... 383
Schneidkante am Elastik-Schneideisen ... 402
Schneidkeil am Kernlochbohrer ... 166
Schneidkeramik ... 97
Schnellarbeitsstahl ... 78
Schnellarbeitsstahl-Analysemittelwerte ... 93
Schnellarbeitsstahl-Legierungen gebräuchlich ... 92
Schnellkühlgerät ... 732
Schnellwechseleinsätze ... 683, 704
Schnellwechseleinsatztypen
– EM ... 705
– EM/IKZ ... 705
– EM/IKZ/MMS ... 706
– EM/PGR/IKZ ... 709
– EM-E-Lock ... 706
– EM-ELSE ... 710
– EM-L/IKZZ ... 708
– EM-R ... 711
– EM-SE ... 710
– EM-U ... 707
– EM-U/IKZ ... 707
– EM-UL/IKZZ ... 708
– EM-Z/ER/IKZ ... 709
Schnittgeschwindigkeit
– für CBN- oder PKD-Fräser ... 658
– für Gewindebohrer ... 282
– für Gewindefräser ... 363
– für HSS-Langlochfräser ... 644
– für HSS-Schaftfräser ... 644
– für HSS-Walzenstirnfräser ... 646
– für Kernlochbohrer ... 170
– für rhombische beschichtete WSP-Fräser ... 654
– für rhombische unbesch. WSP-Fräser ... 652
– für runde beschichtete WSP-Fräser ... 650
– für runde unbesch. WSP-Fräser ... 648
– für Schneideisen ... 398
– für Time-S-Cut-WSP-Fräser ... 656
– für VHM-Kugelfräser ... 640
– für VHM-Langlochfräser ... 640
– für VHM-Schaftfräser ... 640
– für VHM-Torusfräser ... 640
– für Voll-Cermet-Schaftfräser ... 642
Schnittgeschwindigkeit beim Fräsen ... 615
Schnittgeschwindigkeits-Standzeit-Diagramm ... 34
Schnittkraft ... 23
Schnittkraft beim Fräsen ... 618
Schnittkraft beim Gewindebohren ... 279
Schnittkraft beim Kernlochbohren ... 169
Schnittkraft beim Schneideisen ... 396
Schnittkraft, mittlere ... 620
Schnittkraft, spezifische ... 23
Schnittleistung ... 23
Schnittleistung beim Fräsen ... 618
Schnittparameter für die Hartbearbeitung ... 624
Schraubenlinie ... 472
Schrumpfaufnahmen ... 732
Schrumpfgerät ... 732
Schruppen ... 629
Schruppfräser ... 595
Schruppverzahnung ... 595
Schulterfräsen ... 613
Schwefelverbindungen organisch ... 146
Schwenkwinkel ... 582
Schwermetall ... 96
Scratch-Test ... 134
Sechskant-Schneideisen ... 380
Sedimentationsbecken ... 148
Seelendurchmesser am Gewindebohrer ... 251
Seelendurchmesser am Gewindefräser ... 342
Segment-Gewinderollen ... 425
Seigerungen ... 86
Seiten-Freiwinkel am Kernlochbohrer ... 166
Seiten-Spanwinkel am Gewindebohrer ... 251, 285
Seiten-Spanwinkel am Kernlochbohrer ... 166
Sekundärfreiwinkel der Hauptschneiden am Fräser ... 611
Sekundärfreiwinkel der Nebenschneiden am Fräser ... 611
Sekundärhärte ... 79
Selbstformendes kegeliges Außengewinde ... 476
SELF-LOCK ... 294
Senkdurchmesser am Gewindefräser ... 342
Senkdurchmesser am Schneideisen ... 383
Senktiefe am Schneideisen ... 383
Sensitivitätskoeffizient ... 451
SFM ... 697
SFM-L (-DZ) ... 699
SFM-NP ... 698
S-Hard-Cut (Fräsertyp) ... 598
SHRINK-MASTER ... 732
Sintergefüge, Bezeichnung ... 106
Sinterhartmetall-Bindemittel ... 101
Sinterhartmetall-Härteträger ... 101
Sinter-HIP-Öfen ... 101
Sintern ... 101
Softsynchro-Gewindeschneidfutter ... 692
Sonder-Bohrgewindefräser ... 341
$Sp^3$-Anteil ... 128
Spanabfuhr ... 144
Spänestau beim Kernlochbohren ... 178
Spanfläche am Kernlochbohrer ... 166
Spanfläche bei Robust 2X-VA ... 580
Spanfläche nachschleifen ... 577, 583
Spanflächenformen ... 460
Spanformen ... 31
Spanglocke am Gewindebohrer ... 251
Spanleitstufe ... 601
Spanloch am Schneideisen ... 383
Spannbereiche ... 737
Spanndurchmesser am Gewindebohrer ... 713
Spanneinleitung ... 738
Spannkraftverläufe ... 737
Spannmuttern ... 719
Spannschlüssel für Elastik-Schneideisen ... 402
Spannut am Kernlochbohrer ... 166
Spannutenlänge am Kernlochbohrer ... 166
Spannzangen ... 683, 718
Spannzangen PGR ... 684
Spannzangen Typ PGR-(GB) ... 718
Spannzangenfutter ... 729
Spanstauungen beim Gewindebohren ... 296
Spanteiler ... 592
Spanungsdicke ... 23
Spanungsquerschnitt ... 618
Spanverklemmungen beim Gewindebohren ... 297
Spanwinkel ... 611
Spanwinkel am Gewindebohrer ... 251
Spanwinkel am Gewindefräser ... 342
Spanwinkel am Schneideisen ... 383
Spanwinkel messen ... 460, 577, 584
Spanwinkelmessung ... 461
Spanwinkelverlauf im Schälanschnitt ... 578
Spezialfreischliff am Gewindebohrer ... 251
Spielpassung ... 475
Spindeldrehung ... 675
Spiralbohrer ... 163
Spitze am Kernlochbohrer ... 166
Spitzenrollvorrichtung ... 425
Spitzenwinkel am Gewindefräser ... 342
Spitzenwinkel am Kernlochbohrer ... 166
Sputtern ... 135
ST (Gewindekennbuchstabe) ... 479
Stahlpanzerrohr-Gewinde ... 479, 527
Standardabweichung ... 451
Standardmessunsicherheit ... 451
Standlänge beim Gewindebohren zu gering ... 297
Standvermögen ... 33
Standzeit ... 33
Steg am Kernlochbohrer ... 166
Stegbreite am Kernlochbohrer ... 166
Steigung ... 470
Steigungsfehler beim Gewindewalzen ... 447
Steigungsrollen korrigiert ... 427
Steigungsrollen teilkorrigiert ... 428
Steilkegelschäfte ... 56
Stellhülsen ... 53
Stellhülsenschäfte ... 48
Stellring am Elastik-Schneideisen ... 402
Stirnfräsen ... 590, 607
Stranggieß-Verfahren ... 87
Stub-Acme (Gewindekennbuchstaben) ... 482
Stufenbohrer ... 163
Stufendurchmesser, Kernlochbohrer ... 166
Sucker Rods (Gewindekennbuchstaben) ... 483
SWITCH-MASTER ... 703
Synchronspindel ... 692
System PGR ... 730

## T

Tangential-Rollkopf ... 431
Tannenbaumprofil ... 607, 635
Tauchfräsen zirkular ... 627
TBG (Gewindekennbuchstaben) ... 483
Technische Lieferbedingungen
– für Gewindebohrer ... 252
– für Gewindefurcher ... 309
– für Kernlochbohrer ... 167
– für Schneideisen ... 384
– für Walzrollen ... 433
Technischer Fragebogen
– Formen- und Gesenkbau ... 746
– Fräser ... 745
– Gewindebohren/Gewindefurchen ... 741
– Gewindefräsen ... 742
– Kernlochbohren ... 740
– Schneideisen ... 743
– Walzrollen ... 744
Teilflankenwinkel ... 470
Teilkreis am Schneideisen ... 383
Thermoschockeffekte ... 152
TiAlCN-Kennwerte ... 117
TiAlN-Kennwerte ... 117
$TiB_2$-Kennwerte ... 123
TiCN-Kennwerte ... 115
TiN-Kennwerte ... 113
Titan-Aluminiumnitrid-Schichten ... 117
Titan-Carbonitrid-Schichten ... 115
Titandiborid-Kennwerte ... 123
Titandiborid-Schicht ... 123
Titankarbid ... 97
Titannitrid-Schichten ... 113
T-Nutenfräser ... 596
Tol. des Gewindeflankenwinkels am Gewindebohrer ... 288
Toleranz des Flankendurchm. am Gewindebohrer ... 288
Toleranz des Flankendurchm. am Innengewinde ... 288
Toleranz des Kerndurchmessers am Innengewinde ... 288
Toleranzen ... 487
Toleranzen der Gewindesteigung ... 291
Toleranzen des Gewindeteils am Gewindebohrer ... 288
Toleranzen des Gewindeteils am Gewindefurcher ... 322
Toleranzfelder DIN-Schneideisen ... 397
Toleranzfelder Elastik-Schneideisen ... 397
Toleranzfeldlagen ... 487
Toleranzgrade ... 487

# Stichwortverzeichnis


Toleranzklasse des Gewindebohrers ... 290
Toleranzklassen ... 487
Toleranzklassen der Gewindebohrer ... 289
Toleranzlagen der Gewindebohrer ... 289
Toleranzsystem-Grundlagen ... 487
Top Taper ... 295
Torusfräser ... 595
Tr (Gewindekennbuchstaben) ... 477
Tragtiefe ... 367
Trapez-2Stuf ... 243
Trapez-AM-VA ... 243
Trapezgewinde ... 477, 482
Trapezgewinde gerundet ... 477
Trapezgewinde nach ISO ... 539
Trapez-Rekord 2C ... 246
Trapez-Satz ... 244
Trockenbearbeitung ... 128, 153
Trockenbearbeitung beim Fräsen ... 621
Trockenschliff ... 582
Turbinenteile fräsen ... 632
Typenform der Gewindebohrer ... 184
Typenform der Gewindefurcher ... 301

## U

Überdeckungswahrscheinlichkeit ... 451
Übergangspassung ... 475
Überlastkupplung ... 682
Überlastungskupplung einstellen ... 714
Übermaßpassung ... 475
Ultrafeinstkorn-Hartmetall ... 107
Ultrafiltration ... 150
Umfangsfräsen ... 590, 607
Umfangsgeschwindigkeit für Gewindefurcher ... 320
Umkehrosmose ... 150
UN (Gewindekennbuchstaben) ... 481
UNC (Gewindekennbuchstaben) ... 481
UNC-STI (Gewindekennbuchstaben) ... 482
UNEF (Gewindekennbuchstaben) ... 481
UNF (Gewindekennbuchstaben) ... 481
UNF-STI (Gewindekennbuchstaben) ... 482
Unified Schraubengewinde ... 481
Unified-Extra-Feingewinde ... 558
Unified-Feingewinde ... 556
Unified-Gewinde ... 554
Unified-Grobgewinde ... 554
UNJ (Gewindekennbuchstaben) ... 481
UNJC (Gewindekennbuchstaben) ... 481
UNJEF (Gewindekennbuchstaben) ... 481
UNJF (Gewindekennbuchstaben) ... 481
UNJ-Gewinde ... 534
UNM (Gewindekennbuchstaben) ... 481
UNR (Gewindekennbuchstaben) ... 481
UNRC (Gewindekennbuchstaben) ... 481
UNREF (Gewindekennbuchstaben) ... 481
UNRF (Gewindekennbuchstaben) ... 481
UNRS (Gewindekennbuchstaben) ... 481
UNS (Gewindekennbuchstaben) ... 481
Unsicherheitsbetrag ... 453
Unteres Abmaß des Außendurchmessers am Gewindebohrer ... 288
Unteres Abmaß des Flankendurchmessers am Gewindebohrer ... 288
Unwucht ... 637
Unwuchtmasse ... 638
UP TBG (Gewindekennbuchstaben) ... 483

## V

Vanadin ... 82
Ventilgewinde ... 480
Verdüsung ... 89
Verfahrensspezifische Hinweise
– für Gewindebohrer ... 255
– für Gewindefräser ... 346
– für Gewindefurcher ... 309
– für Schneideisen ... 386
– für Walzrollen ... 435
Verformung plastisch ... 78
Verschleißmarkenbreite beim Kernlochbohren ... 179
Verschleißverhalten ... 78
Verschleißvolumen ... 132
Verschleißzustands-Diagramm ... 33
Verzahnungswalzen ... 430
Verzahnungs-Walzrollen ... 433
Vg (Gewindekennbuchstaben) ... 480
VHM/KHM-Satz-GB ... 241
VHM-GFU Drück-S ... 305
VHM-Rekord A ... 235
VHM-Rekord D ... 237
Vibrationen beim Kernlochbohren ... 178
Vickershärte ... 36
Vickers-Härte ... 133
Viellagenschichten ... 117
Vierkant ... 40
Vierkantfreidrehung am Gewindebohrer ... 251
Vierkantlänge am Gewindebohrer ... 251
Vierkantlänge am Gewindefurcher ... 308
Vierkantmaß am Gewindebohrer ... 251
Vierkantmaß am Gewindefurcher ... 308
Viertelrund-Profilfräser ... 596
Vollhartmetall-Schaftfräser-Bezeichnungsbeispiel ... 596
Vollspitze am Gewindebohrer ... 285
Vorarbeitsdurchmesser beim Gewindewalzen ... 439
– BSF ... 441
– BSW ... 441
– G ... 441
– M ... 439
– NPT ... 441
– UNC ... 440
– UNF ... 440
Vorarbeitsdurchmesser für Schneideisen ... 387
– BSF ... 392
– BSW ... 392
– DIN 477 keg. ... 395
– G ... 393
– M ... 387
– MF ... 388
– NPT ... 394
– NPTF ... 394
– R ... 395
– UNC ... 389
– UNEF ... 391
– UNF ... 390
Vorbau am Schneideisen ... 383
Vorbaudurchmesser am Schneideisen ... 383
Vorbauhöhe am Schneideisen ... 383
Vorbohrdurchmesser beim Gewindebohren ... 256
– BA ... 261
– BSF ... 262
– BSW ... 261
– DIN 477 keg. ... 274
– DIN 477 zyl. ... 274
– EG M ... 269
– EG MF ... 269
– EG UNC ... 270
– EG UNF ... 271
– G ... 262
– LK-M ... 275
– LK-MF ... 276
– LK-UNC ... 276
– LK-UNF ... 277
– M ... 256
– MF ... 257
– MJ ... 272
– NPSC ... 263
– NPSF ... 263
– NPSM ... 263
– NPT ... 264
– NPTF ... 264
– Pg ... 261
– Rc ... 266
– Rd ... 272
– Rp ... 262
– Tr ... 268
– Tr-F ... 268
– UN-8 ... 260
– UNC ... 258
– UNEF ... 260
– UNF ... 259
– UNJC ... 273
– UNJF ... 273
– Vg ... 268
Vorbohrdurchmesser beim Gewindefurchen ... 312
– BSW ... 315
– EG M ... 315
– G ... 315
– LK-M ... 317
– LK-MF ... 317
– M ... 312
– MF ... 313
– UNC ... 314
– UNEF ... 314
– UNF ... 314
Vorbohren ... 163
Voreinstellgerät PGR-VEW ... 723
Vorschlichten ... 629
Vorschneidstufe am Gewindebohrer ... 251
Vorschub beim Fräsen ... 616
Vorschub beim Gewindefräsen ... 363
Vorschub beim Kernlochbohren ... 170
Vorschub pro Zahn
– für CBN- oder PKD-Fräser ... 668
– für HSS-Langlochfräser ... 662
– für HSS-Schaftfräser ... 662
– für HSS-Walzenstirnfräser ... 663
– für runde oder rhombische WSP-Fräser ... 664
– für Time-S-Cut-WSP-Fräser ... 666
– für VHM-Kugelfräser ... 661
– für VHM-Langlochfräser ... 660
– für VHM-Schaftfräser ... 660
– für VHM-Torusfräser ... 661
– für Voll-Cermet-Schaftfräser ... 661
Vorschubgeschwindigkeit beim Fräsen ... 616
Vorschubgeschwindigkeit beim Nachschleifen ... 582
Vorschuboptimierung ... 631
Vorspannungsbereich für Elastik-Schneideisen ... 401
Vortex-Prinzip ... 158

## W

W (Fräsertyp) ... 593, 598
W (Gewindekennbuchstabe) ... 479, 480
Walzbarkeit verschiedener Werkstoffe ... 436
Walzbarkeit von Profilen ... 438
Walzenstirnfräser ... 597
Walzenstirnfräser-Bezeichnungsbeispiel ... 597
Warmhärte ... 81
Wasserstoff-Ionenkonzentration ... 147
WC/C, Kennwerte ... 120
Wechselkassetten ... 602
Wechselplattenfräser WSP ... 337
Wechselplattenfräser WSP, Programmierhilfe ... 353
Wellenlängennormal ... 571
Wendeschneidplatte ... 600
Wendeschneidplatten-Aufsteckfräser ... 602
Wendeschneidplatten-Bezeichnung ... 600
Werksnormal ... 571
Werkstücknullpunkt ... 360
Werkstückspannung ... 734
Werkzeugabdrängung ... 608
Werkzeugaufnahmen für das Bohren und Fräsen ... 727
Werkzeuggewaltbruch beim Gewindebohren ... 297
Werkzeuggewaltbruch beim Gewindefurchen ... 323
Werkzeugteilausbrüche beim Gewindebohren ... 297
Werkzeugverschleiß ... 609
WF (Fräsertyp) ... 593, 598
Whitworth-Feingewinde ... 552
Whitworth-Gewinde ... 479, 480, 481
Wiederbeschichten ... 141
Winkelabweichung ... 453
Winkelfräser ... 596
Wirbelrohrprinzip ... 158
WM-Satz ... 239
Wolfram ... 79
Wolframerz ... 99
Wolframit ... 99
Wolframkarbid ... 79, 96, 100
WR (Fräsertyp) ... 593, 598
WSP (Wechselplattenfräser) ... 337

## X

XCSG (Gewindekennbuchstaben) ... 483
XRF ... 134
X-Toleranz am Gewindebohrer ... 289

## Z

Zähigkeit ... 78
Zahnbreite am Gewindebohrer ... 251
Zahnbreite am Gewindefräser ... 342
Zähnezahl am Gewindefräser ... 342
Zahnstollen am Schneideisen ... 383
Zahnstollenbreite am Schneideisen ... 383
ZBGF (Zirkular-Bohrgewindefräser) ... 335
Zeitspanvolumen ... 617
Zeitvergleich beim Fräsen ... 625
Zentrierbohrung am Gewindebohrer ... 251, 285
Zentrierbohrung am Gewindefurcher ... 308
Zentrierfase am Gewindefurcher ... 308
Zentrierkonus am Elastik-Schneideisen ... 402
Zentrierspitze am Gewindebohrer ... 251
Zentrierspitze am Gewindefurcher ... 308
Zentrierung am Gewindebohrer ... 285
Zentrierung auf der Fase am Gewindebohrer ... 285
Zentrumspitze ... 168
Zerspanbarkeit ... 31
Zirkular-Bohrgewindefräser ZBGF ... 335
Zirkular-Bohrgewindefräser ZBGF, Programmierhilfe ... 355
Zirkularfräsen ... 627
Zugausrastung ... 678
Zugfestigkeit ... 36
Zustellung axial ... 614
Zustellung radial ... 614
Zustellungen ... 614
Zwei-Kugel-Methode ... 457
Zwei-Punkt-Methode ... 457
Zylinderschaft ... 594
Zylinderschäfte ... 43
Zylindrisches Rohrgewinde ... 477

# Handbuch der Gewindetechnik und Frästechnik

Das Handbuch der Gewindetechnik und Frästechnik ist das Nachschlagewerk für die Fertigungsoptimierung. Es unterstützt die Planung, Arbeitsvorbereitung und Fertigung von Metall- und Kunststoffbauteilen und enthält alle wesentlichen Informationen für den wirtschaftlichen Einsatz von Präzisionswerkzeugen. Werkzeuge und deren Einsatz werden werkstoff- und werkstückspezifisch behandelt, ergänzt durch eine umfangreiche Dokumentation relevanter DIN-Normen.

Das Handbuch richtet sich an Mitarbeiter aus der Automobilindustrie und deren Zulieferbetrieben, aus Maschinen- und Anlagenbau, Luft- und Raumfahrt, Feinmechanik und Optik, Formen- und Gesenkbau und der Elektroindustrie. EMUGE-FRANKEN, eines der weltweit führenden Unternehmen für Präzisionswerkzeuge, hat mit diesem Nachschlagewerk eine in Umfang und Inhalt einmalige Dokumentation geschaffen.

## Inhalt

- Schaftformen für Werkzeuge
- Schnellarbeitsstahl
- Hartmetall
- Verschleißschutz- und Gleitschichten
- Kühlschmierstoffe
- Kernlochbohren
- Gewindebohren
- Gewindefurchen
- Gewindefräsen
- Schneideisen
- Lehren
- Gewindewalzen
- Messen von Gewinden
- Gewindetabellen
- Prüfmittelüberwachung
- Nachschleifen von Werkzeugen
- Fräsen
- Aufnahmen und Futter
- Werkstückspannung
- Technische Fragebögen

Best.-Nr. A19100-L531-B882

ISBN 3-89578-232-7
€ 47,90 [D] / sFr 72,00

9 783895 782329

Publicis Corporate Publishing
www.publicis-erlangen.de/books