

- GEWINDEN MIT WALTER PROTOTYP
**Präzise, sicher,
wirtschaftlich**



INHALT

Gewinden

2 Index

4 Allgemeine Einführung ins Thema

8 Programmübersicht

- 9 Gewindebohren
- 12 Gewindeformen
- 13 Gewindefräsen

14 Produktinformationen

- 14 Gewindebohren
- 28 Gewindeformen
- 34 Gewindefräsen

40 Werkzeugauswahl

- 40 Gewindebohren
- 44 Gewindeformen
- 46 Gewindefräsen

48 Technische Informationen

- 48 Allgemein
- 74 Gewindebohren
- 94 Gewindeformen
- 101 Gewindefräsen
- 112 Anhang

Alphabetisches Schlagwort-Verzeichnis

Seite	Seite	Seite	Seite
Anschlittformen Gewindebohren. 76	Minimalmengenschmierung 62 - 63	Protodyn® S HSC. 12, 33	TMG 13, 35
Aufschweißungen 93	Modifikationen Gewindebohren. 88 - 89	Protodyn® S Plus. 12, 29	TMO 13, 36 - 37
Axiales Verschneiden Gewindebohren. 87, 91	Gewindeformen 98	Protodyn® Syncrospeed. 12, 32	TMO HRC 13, 37
Beschichtungen 52 - 55 Gewindeformen 55	Gewindefräsen 109	Prototex® Eco HT. 9, 14 - 15	Toleranzlagen 50
Besonderheiten Gewindebohren. 84 - 85	Nomenklatur 8	Prototex® HSC. 11, 26	Trockenbearbeitung Gewindefräsen 59, 63
CNC-Programmierung Gewindefräsen 107 - 108	Paradur® Eco Cl. 10, 18	Prototex® Syncrospeed. 9, 16 - 17	Verfahrensgrundlagen
Drehmoment-Einstellung Gewindebohren, -formen 118 - 119	Paradur® Eco Plus. 9, 14 - 15	Prototex® TiNi Plus. 11, 24 - 25	Gewindeformen 94 - 95
Formeln 112	Paradur® HSC 11, 27	Prototex® X-pert M. 10, 22 - 23	Gewindefräsen 101 - 105
Geometriedatenvergleich Gewindebohren. 82 - 83	Paradur® HT. 10, 19	Prototex® X-pert P. 10, 20 - 21	Verfahrensvergleich 48 - 49
Grundtypen Gewindebohren. 74 - 75	Paradur® Syncrospeed. 9, 16 - 17	Randzonenaufhärtung 72	Verschneiden Gewindebohren. 86, 91
Härtevergleichstabelle 117	Paradur® Ti Plus. 11, 24 - 25	Rprg. (Programmierradius) Gewindefräsen 108	Vorbohrungsdurchmesser
Kernloch allgemein 70	Paradur® X-pert M. 10, 22 - 23	Schneidvorgang Gewindebohren. 79 - 80	allgemein 70
Gewindebohren. 114 - 115	Paradur® X-pert P. 10, 20 - 21	Schnittaufteilung Gewindefräsen 104 - 105	Gewindebohren. 114 - 115
Gewindeformen 71, 96 - 97, 116	Probleme und Lösungen Gewindebohren. 90 - 92	Spanbehrerschung Gewindebohren. 90	Gewindefräsen 103
Gewindefräsen 114 - 115	Gewindeformen 99 - 100	Spannmittel. 64	Vorschubprogrammierung Gewindebohren. 87
Kühlung und Schmierung. 56 - 57	Gewindefräsen 110 - 111	Spanquerschnitte Gewindebohren. 77 - 78	Walter GPS 5, 102 - 103, 107 - 108, 111
Gewindebohren. 58	Profilverzerrung. 106	Spannungsbeanspruchung Gewindebohren. 77 - 78	Werkzeuggruppierung. 8
Gewindeformen 60 - 61	Protodyn® Eco LM. 12, 30	Synchronbearbeitung 68 - 69	Winkel und Merkmale 81
Gewindefräsen 59	Protodyn® Eco Plus. 28	Gewindebohren. 77 - 78	Gewindebohren. 81
Kräfte Gewindebohren. 86 - 87	Protodyn® HSC. 33	Synchronbearbeitung 68 - 69	
	Protodyn® Plus. 29	TMC. 13, 34 - 35	
	Protodyn® S Eco Inox. 12, 31	TMD. 13, 38 - 39	
	Protodyn® S Eco Plus. 12, 28	TME. 13	

Technik, Trends und Innovationen in der Gewindeherstellung

Es gibt unterschiedliche Verfahren, um ein Gewinde herzustellen. Wir konzentrieren uns in diesem Handbuch auf das **Gewindebohren**, das **Gewindefräsen** und das **Gewindefräsen mit Werkzeugen von Walter Prototyp**. Darüber hinaus werden im Rahmen dieses Handbuchs allgemeingültige technische Informationen zu diesen Verfahren dargelegt.

Bei der Herstellung von Innengewinden ist das **Gewindebohren** immer noch das am häufigsten verwendete Verfahren. Bei der Werkzeugentwicklung stehen Prozesssicherheit, Qualität und Herstellkosten pro Gewinde im Fokus.

Wir haben große Anstrengungen im Bereich der Makro-/Mikro-Geometrie sowie bei den Beschichtungen unternommen, um auch unter ungünstigen Bedingungen eine hohe Prozesssicherheit zu gewährleisten. Die Kosten pro Gewinde können durch den Einsatz unserer Hochleistungs-Werkzeuge der Eco- und Synchrospeed-Serie drastisch reduziert werden. Noch geringere Kosten je Gewinde können mit Vollhartmetall-Werkzeugen realisiert werden. Unsere HSC-Linie setzt hier neue Maßstäbe – auch in Stahlwerkstoffen. Diese Werkzeuge sind die erste Wahl in der Massenproduktion, zum Beispiel in der Muttern- oder Automobilindustrie.

Das **Gewindeformen** hat sich als Verfahren zur Innengewindeherstellung in den letzten 20 Jahren rasant entwickelt. Brauchte man früher für den Einsatz dieser Werkzeuge überwiegend Öl als Kühl-schmierstoff, ist es heute dank gezielter Weiterentwicklung der Formkanten-Geometrie und der Beschichtung möglich, nahezu alle formbaren Werkstoffe (auch rostfreie Stähle) mit einer 5 %-Emulsion auf jedem Bearbeitungszentrum zu formen. Dabei hat sich die statische und insbesondere die dynamische Festigkeit der geförmten Gewinde durch die Verwendung von Emulsion sogar noch weiter verbessert.

Der Schneidstoff Hartmetall hat beim Gewindeformen schon lange Einzug gehalten. Absolute Spitzenwerte erreichen wir heute mit unserer Protodyn® HSC-Linie.



Der jüngste Vergangenheit das sogenannte „**Orbital-Gewindefräsen**“ einen Namen gemacht. Damit können Anwender erstmals sehr tiefe (z.B. $3 \times D_a$) und darüber hinaus sehr kleine (z.B. M1,6) Innengewinde auch in anspruchsvollen Werkstoffen absolut prozesssicher herstellen.

Zum Schluss noch ein Tipp: Verwenden Sie zur Auswahl des optimalen Verfahrens unsere neue Software **Walter GPS**, den Nachfolger des bewährten CCS. Hier können Sie alle Herstellverfahren direkt miteinander vergleichen und sich dann für die wirtschaftlichste Alternative entscheiden.

Das **Gewindeformen** ist oftmals die wirtschaftlichste Methode, um ein Innengewinde herzustellen. Vorausgesetzt, dieses Verfahren ist für das jeweilige Bauteil zugelassen.

Was die Prozesssicherheit und Gewindequalität angeht, liegt das **Gewindefräsen** unangefochten an der Spitze. Neben den klassischen Fräswerkzeugen hat sich in



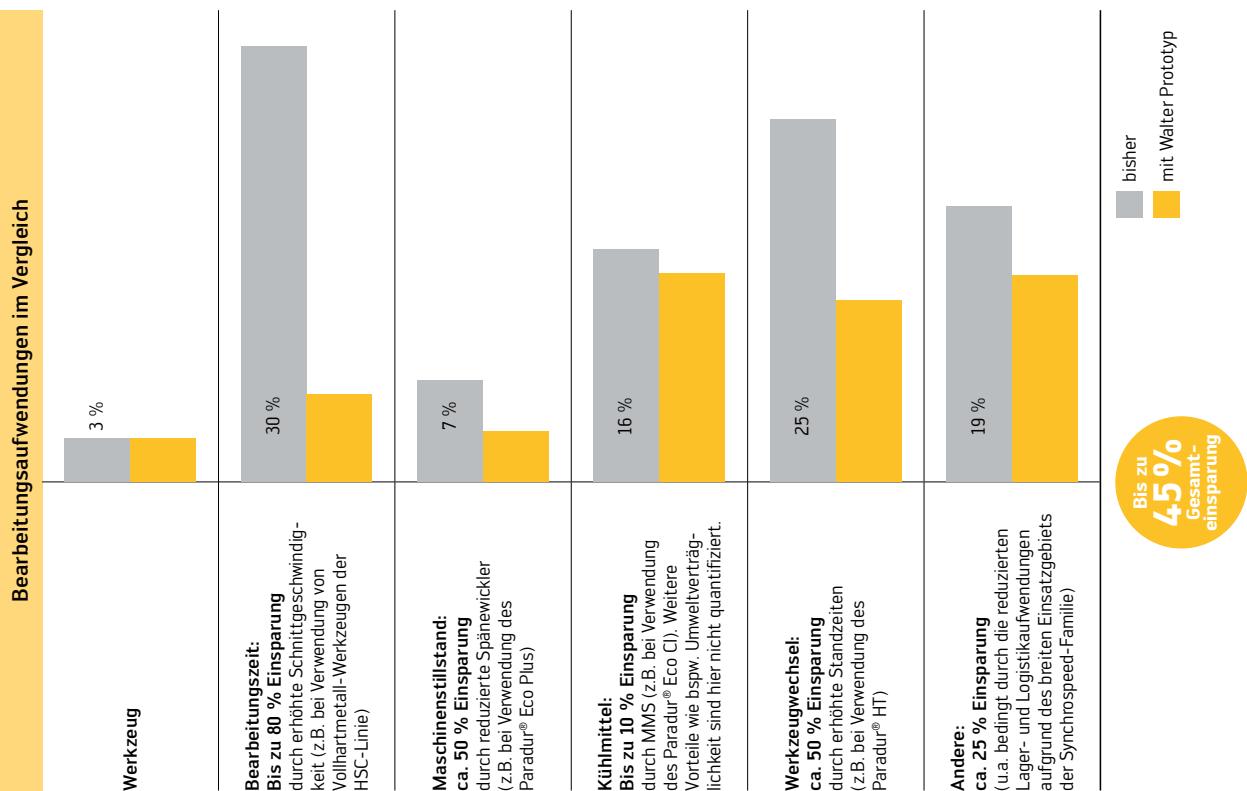
Produktive Prozesse mit Walter Prototyp

Es ist heute praktisch unmöglich, steigende Produktionskosten unmittelbar über steigende Stückkosten direkt an den Kunden weiterzugeben. Dies gilt für Konsumgüter wie für Investitionsgüter gleichermaßen. Erfolgreiche Unternehmen schließen diese Ertragslücke durch eine konsequente Produktivitätssteigerung in der Fertigung.

Als Hersteller von Präzisionswerkzeugen für die Zerspanung können wir hier einen großen Beitrag leisten, wie das Schaubild zeigt. Zwar machen die Werkzeugkosten nur rund 3 % der gesamten Bearbeitungskosten aus. Die Bearbeitungszeit allerdings schlägt mit 30 % der Zerspanungskosten deutlich zu Buche.

Das heißt: mit leistungsfähigen Zerspanungswerkzeugen von Walter Prototyp lassen sich die Bearbeitungskosten deutlich senken. Eine Steigerung der Schnittparameter führt zu einer enormen Kostenersparnis. Weil der Werkzeugpreis also einen fast zu vernachlässigenden Einfluss auf die gesamten Bearbeitungskosten hat, werden Werkzeuge der Kompetenzmarke Walter Prototyp nicht am reinen Werkzeugpreis gemessen, sondern an der überproportionalen Steigerung der Produktivität und damit am Einsparpotential für unsere Kunden.

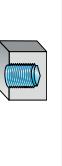
Bearbeitungsaufwendungen im Vergleich



Programmübersicht

Programmübersicht

Walter Prototyp Gewindewerkzeug –
Nomenkлатур/Werkzeuggruppierung

Gewindebohren*	 	Prototex® ... Gewindebohren mit Schälanschnitt	Paradur® ... Gewindebohren mit rechts gedrallten Spannmutten	Paradur® ... gerade genutete Werkzeuge	 
Gewindeformen**	 	Gewindefräsen**			
Protodyn® ...	 	Protodyn® S ... Gewindeformer mit Schmiernutten	TM ... TM = Thread Mill...		

Gewindebohrer für universelle Anwendungen

Werkstückstoffgruppe		P	M	K	N	S	H	O	Andere
Type	Beschreibung								
Prototex® Eco HT	– universelle Anwendung – für Nass- und MMS-Bearbeitung	14 + 15	DL 3,5 x D _n						Harte Werkstoffe
Paradur® Eco Plus	– universelle Anwendung – für Nass- und MMS-Bearbeitung – Nachfolger des bewährten Paradur® Eco HT	14 + 15	GL 3 x D _n						Werkstoffe Schwierigspannbarer NE-Metalle
Prototex® Synchrospeed	– Synchronbearbeitung – universelle Anwendung – h6 Schaffttoleranz	16 + 17	DL 3,0 x D _n						Gussisen
Paradur® Synchrospeed	– Synchronbearbeitung – universelle Anwendung – h6 Schaffttoleranz	16 + 17	GL 2,5 x D _n						Stahl Nichtrostender Stahl
Handbuchseite									Gewindeteile
Bearbeitung									Metalle
Handbuchseite									Gussisen
Nichtrostender Stahl									Stahl
Stahl									Metalle
Gussisen									Werkstoffe Schwierigspannbarer NE-Metalle
Stahl									Werkstoffe Schwierigspannbarer NE-Metalle
Nichtrostender Stahl									Gussisen
Stahl									Stahl
Metalle									Werkstoffe Schwierigspannbarer NE-Metalle
Gussisen									Gussisen
Stahl									Stahl
Metalle									Metalle
Gussisen									Gussisen
Stahl									Stahl
Werkstoffe Schwierigspannbarer NE-Metalle									Werkstoffe Schwierigspannbarer NE-Metalle

* Ausnahmen Gewindebohren:

- Paradur® N mit Anschlussmittelform D sowie Paradur® Combi: gedrallte Werkzeuge zur Herstellung von Durchgangsgewinden
 - Paradur® HT, Paradur® GG und Paradur® Engine: gerade genutete Werkzeuge für Grundlochgewinde (in Materialien mit guten Spannbeieigenschaften)

- NP|NP|F Gewindebohrer: rechts

- TME (Thread Mill External): Werkzeug zur Herstellung von Außengewinden

GL = Grundlochbearbeitung
DL = Durchgangslochbearbeitung

9

Programmübersicht

Gewindebohrer für spezielle Anwendungen

Werkstückstoffgruppe							
P	M	K	N	S	H	O	Andere
							Harde Werkstoffe
							Schwerer spanbare
							NE-Metalle
							Gussseisen
							Stahl
							Nichtrostender
							Stahl
							Gewindeteife
							Bearbeitung
							Handbuchseite
Typenbeschreibung							
	Paradur® Eco CI	18	GL + DL	3 x D _n	•	•	Andere
	– für kurzspanende Werkstoffe						
	– für Nass- und MMS-Bearbeitung						
	Paradur® HT	19	GL	3,5 x D _n	•	•	Harde Werkstoffe
	– für Stähle mittlerer bis hoher Festigkeit sowie für kurzspanende Werkstoffe						
	– Innenkühlung erforderlich						
	Prototex® X-pert P	20	GL + DL	3 x D _n	•	•	Schwerer spanbare
	– für Werkstoffe geringer bis mittlerer Festigkeit	21					NE-Metalle
	Paradur® X-pert P	20	GL + DL	3,5 x D _n	•	•	Gussseisen
	– für Werkstoffe geringer bis mittlerer Festigkeit	21					Stahl
	Prototex® X-pert M	22	GL + DL	3 x D _n	•	•	Nichtrostender
	– für rostfreie und höherfeste Stähle	23					Stahl
	Paradur® X-pert M	22	GL + DL	2,5 x D _n	•	•	Stahl
	– für rostfreie und höherfeste Stähle	23					Nichtrostender

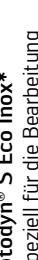
Werkstückstoffgruppe							
P	M	K	N	S	H	O	Andere
							Harde Werkstoffe
							Schwerer spanbare
							NE-Metalle
							Gussseisen
							Stahl
							Nichtrostender
							Stahl
							Gewindeteife
							Bearbeitung
							Handbuchseite
Typenbeschreibung							
	Prototex® TiNi Plus	24	DL	2 x D _n	•	•	Andere
	– für die Bearbeitung hochfester und zum Klemmen neigender Ti- und Ni-Legierungen mit Emulsion	25					
	Paradur® Ti Plus	24	GL	2 x D _n	•	•	Harde Werkstoffe
	– für die Bearbeitung hochfester und zum Klemmen neigender Ti-Legierungen mit Emulsion	25					
	Prototex® HSC	26	DL	2 x D _n	•	•	Schwerer spanbare
	– für höherfeste und hochfeste Stahlwerkstoffe						NE-Metalle
	– h6 Schaffttoleranz						Gussseisen
	– Innenkühlung erforderlich						Stahl
	– Vollhartmetall						Nichtrostender
	Paradur® HSC	27	GL	2 x D _n	•	•	Stahl
	– für höherfeste und hochfeste Stahlwerkstoffe bis 55 HRC						Gewindeteife
	– h6 Schaffttoleranz						Bearbeitung
	– Innenkühlung erforderlich						Handbuchseite
	– Vollhartmetall						

• Hauptanwendung
• weitere Anwendung

GL = Grundlochbearbeitung
DL = Durchgangslochbearbeitung

Gewindeformer

Gewindefräser

Werkstückstoffgruppe							
P	M	K	N	S	H	O	
Typebeschreibung							Andere
	Protodyn® S Eco Plus* – für universelle Anwendung – höhere Performance gegenüber Protodyn® S Plus – für Nass- und MMS-Bearbeitung	28	GL + DL	3.5 x D _N	● ● ●	● ● ●	Harze Werkstoffe
		29	GL + DL	3.5 x D _N	● ● ●	● ● ●	NE-Metalle
		30	GL + DL	2 x D _N	● ● ●	● ● ●	Schwererstempelbare Werkstoffe
		31	GL + DL	3.5 x D _N	● ● ●	● ● ●	Gussisen
		32	GL + DL	3.5 x D _N	● ● ●	● ● ●	Stahl
		33	GL	3.5 x D _N	● ● ●	● ● ●	Nichtrostender Stahl
							Handbuchseite
							Bearbeitung
							Gewindeteile
							Stahl
							Gussisen
							NE-Metalle
							Schwererstempelbare Werkstoffe
							Harze Werkstoffe

* Ausführung mit Schmiernutten, gekennzeichnet durch S

GL = Grundlochbearbeitung
DL = Durchgangslochbearbeitung

Die High-Tech-Allrounder



Die Anwendung

- universeller Hochleistungsgewindebohrer
- THL-Hartstoffbeschichtung minimiert Aufbauschneidebildung und garantiert hohe Standzeiten
- geeignet für Synchronbearbeitung und geeignet für den Einsatz in Ausgleichsfuttern

Das Werkzeug

- universeller Hochleistungsgewindebohrer
- THL-Hartstoffbeschichtung minimiert Aufbauschneidebildung und garantiert hohe Standzeiten

Prototex® Eco HT:

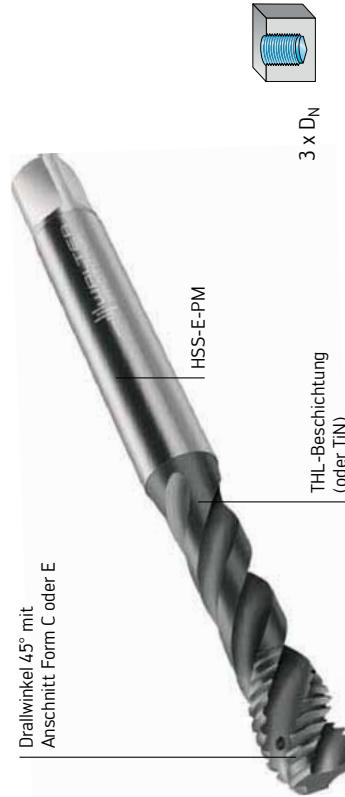
- spezieller Schälanschnitt Form B garantiert hohe Prozesssicherheit

Paradur® Eco Plus:

- reduzierte Neigung zu Ausrüchen durch abgeschrägtes Führungsteil
- Gewinde bis annähernd zum Bohrungsguss bei Variante mit Anschnittform E

Prototex® Eco HT Typ: E2021342

Ihre Vorteile						
– Reduzierung der Werkzeugvielfalt durch breites Einsatzgebiet						
– gesteigerte Produktivität durch hohe Schnittgeschwindigkeiten und hohe Standzeiten						
– spezielle Geometrie für sichere Prozesse auch in weichen Materialien						
– MMS-Bearbeitung möglich						



Paradur® Eco Plus Typ: EP2051312

* IK = Innere Kühlmittelezufuhr
KA = Innere Kühlmittelezufuhr mit Kühlmittelaustritt axial
KR = Innere Kühlmittelezufuhr mit Kühlmittelaustritt radial

Verschleissfest, universell einsetzbar



Prototex® Synchrospeed

Typ: S2021305



Paradur® Synchrospeed

Typ: S2051305

Das Werkzeug

- hoher Flankenhiinterschliff und kurzes Gewindeteil für höchste Schnittgeschwindigkeiten
- h6 Schafttoleranz (z.B. zur Verwendung in Schrumpffuttern)
- Schaftdurchmesser an Standard-Schrumpffutter angepasst

Besonderheiten des Paradur® Synchrospeed:

- Variante mit TiN/vap-Beschichtung: vaporisierte Spannuten für perfekte Spanbildung und optimalen Spänetransport; TiN-Beschichtung für erhöhten Verschleißwiderstand
- Innenkühlung mit axialem Austritt im Standardprogramm

Praxistipp:

Die Verwendung von Spannputtern mit Minimalausgleich (z.B. Protoflex C) ist bei Synchronbearbeitung generell zu empfehlen (Vorteil: erhöhte Standzeit und gesteigerte Prozesssicherheit).

Die Anwendung

- Einsatz auf Werkzeugmaschinen mit Synchronspindel (nicht geeignet für Ausgleichsstütter oder Schneidapparate)
- universeller Einsatz in allen lang- und kurzspanenden Werkstoffen

Prototex® Synchrospeed:

- Einsatz bis ca. 1400 N/mm²
- Einsatz bis ca. 1300 N/mm²

Ihre Vorteile

- gesteigerte Produktivität durch hohe Schnittgeschwindigkeiten und lange Standzeiten
- reduzierte Werkzeugkosten durch universellen Einsatz in kurz- und langspanenden Werkstoffen
- ausgezeichnete Gewindeoberfläche dank sehr scharfer Schneidkanten
- Verschneiden durch Synchronbearbeitung ausgeschlossen

* IK = Innere Kühlmitteleinzufuhr
KA = Innere Kühlmitteleinzufuhr mit Kühlmittelaustritt axial
KR = Innere Kühlmitteleinzufuhr mit Kühlmittelaustritt radial

Höchste Geschwindigkeit bei kurzspanenden Werkstoffen



Paradur® Eco CI Typ: E2031416

Das Werkzeug

- innovative Oberflächenbehandlung Xtra-treat für bestes Verschleißverhalten bei der Zerspanung abrasiver, kurzspanender Werkstoffe
- erhöhte Nutenzahl reduziert Schneidenbelastung und erzeugt kurze Späne
- Toleranzlage 6HX für maximale Standzeit
- Ausführungen mit axialen oder radialen Kühlmittelaustritten für optimalen Spantransport bei tiefen Grund- und Durchgangsgewinden

Die Anwendung

- Grund- und Durchgangsgewinde in kurzspanenden Werkstoffen
- ISO K: vorwiegend für GJL (GG) Materialien; in GJS (GGG) Materialien bis maximal 2 x D_N Gewindetiefe; vermiscales Gussseisen (wie z.B. GJ450)
- ISO N: Mg-Legierungen sowie abrasive AISI-Legierungen mit Si-Anteil > 12 %

Kurze Taktzeit, optimaler Spanbruch



Paradur® HT Typ: 2031115

Das Werkzeug

- Schneidegeometrie erzeugt kurze Späne auch in langspanenden Materialien
- axiale Innenkühlung und gerade Nuten ermöglichen optimalen Transport der kurz gebrochenen Späne
- erhöhter Flankenhinterschliff für höhere Schnittgeschwindigkeiten
- lange Ausführungen mit verlängerten Spannuten im Standardprogramm

Die Anwendung

- typische Einsatzgebiete:
 - Automobilindustrie (Nockenwelle, Kurbelwelle, Pleuel)
 - große Gewindeabmessungen (Allgemeiner Maschinembau, Getriebewellen, Gehäuse, etc.)
- Grundlochgewinde in lang- und kurzspanenden Werkstoffen
- ISO P: Stahlwerkstoffe mit 600 - 1.400 N/mm² Zugfestigkeit,
- ISO K: Grauguss (GGG)
- ISO N: AISI-Legierungen > 12 % Si-Anteil, Cu-Legierungen und Mg-Legierungen

* IK = Innere Kühlmitteizufuhr
KA = Innere Kühlmitteizufuhr mit Kühlmittelaustritt axial
KR = Innere Kühlmitteizufuhr mit Kühlmittelaustritt radial

Großes Programm, hohe Wirtschaftlichkeit



Prototex® X-pert P

Typ: P2031005



Paradur® X-pert P

Typ: P2051905

Die Anwendung

Prototex® X-pert P

- ISO P:
- Variante mit 3 Nuten: < 1000 N/mm² Zugfestigkeit
- Variante mit 2 Nuten: < 700 N/mm² Zugfestigkeit (erhältlich bis Abmessung M6)
- ISO N: AISI-Legierungen mit 0,5 bis 12 % Si-Anteil
- Ausführung mit reduzierter Nutenzahl eignet sich aufgrund besserer Spanbildung hervorragend für weiche, langspanende Werkstoffe (optimal bei der Bearbeitung weicher Baustähle, wie z.B. St37)

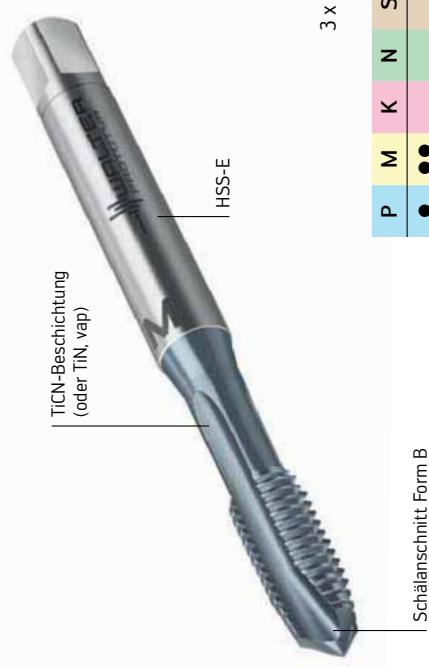
Paradur® X-pert P

- Varianten mit reduzierter Nutenzahl im Standardprogramm
- lange Spannuten für tiefe Gewinde
- abgeschrägtes Führungsteil verhindert Ausbrüche
- ISO N: AISI-Legierungen mit 0,5 bis 12 % Si-Anteil

Ihre Vorteile

- wirtschaftlich bei kleineren und mittleren Losgrößen
- hohe Flexibilität und kurze Lieferzeiten, da umfassendes Standardprogramm (vielfältige Gewindeprofile, Abmessungen und Toleranzen auf Lager)
- Gewinde mit sehr guter Oberflächengüte durch großen Spanwinkel

Prozesssicher in Stahl und Guss



Prototex® X·pert M

Typ: M2021306



Paradur® X·pert M

Typ: M2051306

Die Anwendung

- ISO M: rostfreie Stähle von 350 bis 1200 N/mm²
- ISO P: sehr gut geeignet für Stähle von 700 bis 1200 N/mm²

Ihre Vorteile

- hohe Prozesssicherheit in langspanenden und zum Klemmen neigenden Werkstoffen
- wirtschaftlich bei kleineren und mittleren Längsgrößen
- hohe Flexibilität und kurze Lieferzeiten, da umfassendes Standardprogramm (vielfältige Gewindeprofile, Abmessungen und Toleranzen auf Lager)
- weniger Werkzeugvielfalt da Einsatz in ISO M und ISO P Materialien

Das Werkzeug

- höhergelegter Kern garantiert lehrhafte Gewinde und sorgt für sicheres Entgraten im Gewinde – wichtig vor allem bei der Bearbeitung rostfreier Werkstoffe
- erhöhter Flankenfreiwinkel für die Zerspanung von Werkstoffen, die zum Klemmen neigen

Besonderheiten des Paradur® X·pert M:

- abgeschrägtes Führungsteil zur Vermeidung von Austrüchen

Stark in hochfestem Titan



großer Seelendurchmesser
Schälanschnitt Form B

P	M	K	N	S	H	O
				●●		

Prototex® TiNi Plus

Typ: 2021763

Das Werkzeug	Die Anwendung
– speziell für die Bearbeitung von ISO S Materialien mit Emulsion konzipierte Geometrie	– Anwendungen in der Luft- und Raumfahrttechnik sowie der Medizintechnik
– sehr hoher Flankenfreiwinkel zur Reduktion von Reibung in klemmenden Materialien	– speziell für hochfeste und zum Klemmen neigende Titanlegierungen von 700 bis 1400 N/mm ² Zugfestigkeit
– durch geringen Spanwinkel auf die Zerspanung harter Materialien abgestimmt	Prototex® TiNi Plus
– verschleißfeste, titanfreie ACN-Beschichtung reduziert Aufschweißungen	– auch in Nickellegierungen einsetzbar

Ihre Vorteile
– oftmals kann mit Emulsion anstelle von Öl gearbeitet werden
– hohe Prozesssicherheit durch hohe Werkzeugstabilität
– lange Standzeiten durch innovative Hartstoffbeschichtung und stabile Schneidkanten
– ausgezeichnete Gewindequalität



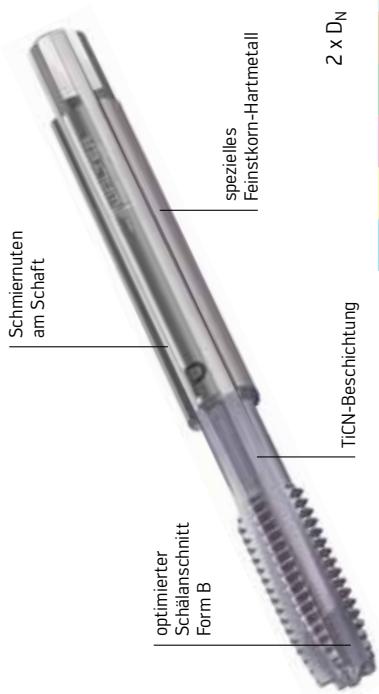
großer Seelendurchmesser
Drillwinkel 15° mit
Anschnitt Form C

P	M	K	N	S	H	O
				●●		

Paradur® Ti Plus

Typ: 2041663

Lange Standzeiten, höchste Geschwindigkeiten



Prototex® HSC Typ: 8021006

Das Werkzeug

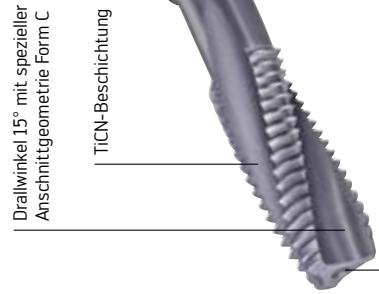
- spezielles Vollhartmetall mit hoher Verschleißfestigkeit und gleichzeitig hoher Zähigkeit
- längere Standzeit durch erhöhte Nutenzahl
- Schaffttoleranz h6 (z.B. zur Verwendung in Schrumpffuttern)

Die Anwendung

- ISO P: Stähle von ca. 700 bis 1400 N/mm² Zugfestigkeit
- ISO K: vorwiegend GJS (GGG) Werkstoffe
- Großserienfertigung mit dem Ziel minimaler Kosten pro Gewinde
- Massenfertiger mit Fokus auf Produktivitätssteigerung

Voraussetzungen:

- Innenkühlung
- stabile Einsatzbedingungen
- moderne Bearbeitungszentren oder moderne Transferanlagen
- für Hartmetallwerkzeuge wird generell Synchronbearbeitung und die Verwendung von Spannfuttern mit Minimausgleich (z.B. Prototex C) empfohlen (steigert Standzeit und erhöht Prozesssicherheit)



Paradur® HSC

Das Werkzeug

- spezielle Anschnittgeometrie und Drillreduzierung für kurz gebrochene Späne auch in langspanenden Materialien
- Schaffttoleranz h6 (z.B. zur Verwendung in Schrumpffuttern)

Die Anwendung

- ISO P/H: Stahlwerkstoffe ab ca. 700 N/mm² bis 55 HRC
- ISO K: Gusswerkstoffe wie z.B. GGG60, GJY450, ADI800
- Großserienfertigung mit Blick auf minimale Kosten pro Gewinde
- Massenfertiger mit Fokus auf Produktivitätssteigerung

Ihre Vorteile

- minimale Fertigungskosten und höchste Produktivität durch bis zu 3fach höhere Schnittgeschwindigkeit gegenüber HSS-E Gewindebohrern

- weniger Werkzeugwechsel und damit optimale Maschinenauslastung aufgrund hoher Standzeiten

- hohe Prozesssicherheit durch perfekten Spanbruch

Voraussetzungen:
siehe Prototex® HSC Seite 26



Drilloc® HSC Typ: 8041056

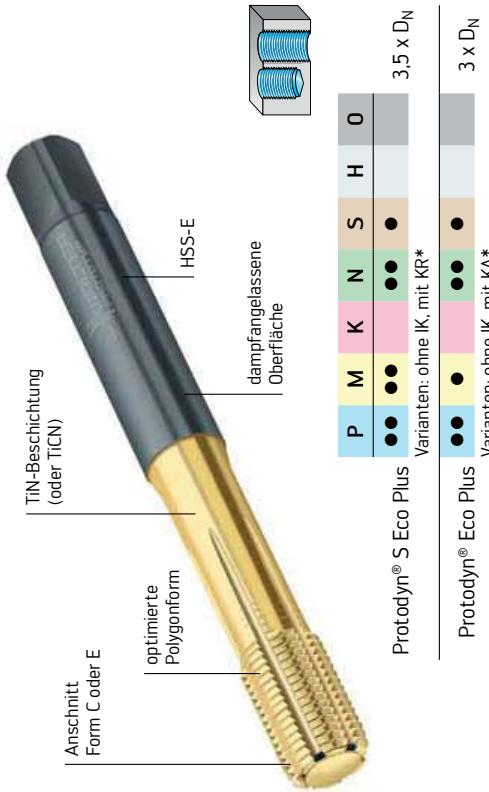
Das Werkzeug

- Drillwinkel 15° mit spezieller Anschlussgeometrie Form C
- TiCN-Beschichtung
- spezielles Feinprofilierung
- Innenkühlung axial

- KA zwingend erforderlich*

* IK = Innere Kühlmitteleinzufuhr
KA = Innere Kühlmitteleinzufuhr mit Kühlmittelaustritt axial
KR = Innere Kühlmitteleinzufuhr mit Kühlmittelaustritt radial

Der High-Tech-Gewindeformer



Typ: EP2061745

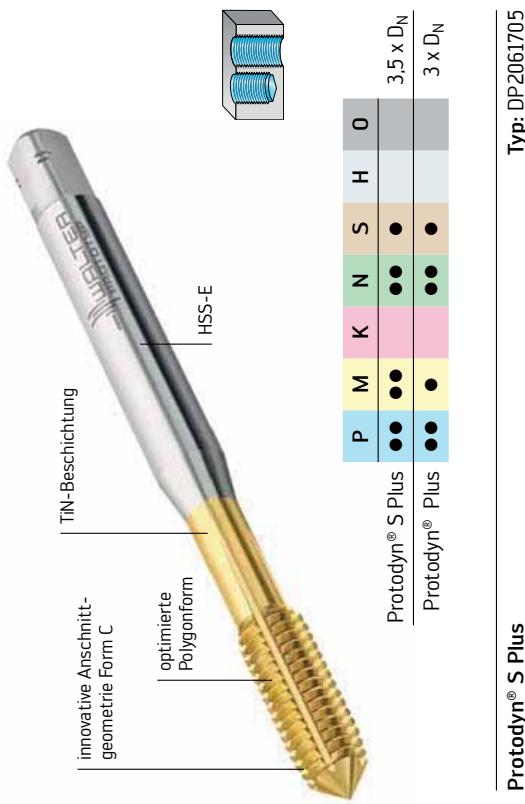
Das Werkzeug

- neuartige TiN-Beschichtung und zusätzliche Dampfbehandlung für höchste Standzeiten ohne Kaltverschweißungen
- innovative Anschnittgeometrie sorgt für besseres Einalauf- und Verschleißverhalten
- spezielle Oberflächenbehandlung und optimierte Polygonform führen zu höheren Standzeiten durch reduzierte Reibung (wichtig für MMS)
- Ausführungen mit radialer Innenkühlung für große Gewindedieben im Standardprogramm

Die Anwendung

- universeller Hochleistungs-Gewindeformer zum Einsatz in allen formbaren Werkstoffen bis ca. 1200 N/mm²
- Variante mit TiCN-Beschichtung speziell für die Bearbeitung kohlenstoffhaltiger Stähle sowie abrasiver Aluminiumlegierungen

Geringe Werkzeugkosten, gute Performance



Typ: DP2061705

Das Werkzeug

- innovative Anschnittgeometrie für ein besseres Einaluf- und gleichmäßigeres Verschleißverhalten
- optimierte Polygonform für reduzierte Reibung und höhere Standmenge

Die Anwendung

- universeller Einsatz in allen formbaren Werkstoffen bis ca. 1200 N/mm²

TIN-Beschichtung	HSS-E
Innovative Anschnittgeometrie Form C	
optimierte Polygonform	

Typ: DP2061705

TIN-Beschichtung	HSS-E
optimierte Polygonform	
dampfgelassene Oberfläche	

Typ: DP2061705

* IK = Innere Kühlmitteizufuhr
KA = Innere Kühlmitteizufuhr mit Kühlmittelaustritt axial
KR = Innere Kühlmitteizufuhr mit Kühlmittelaustritt radial

Stark Lösung für weiche Werkstoffe



Protodyn® Eco LM Typ: E2061604

Das Werkzeug

- titanfreie CrN-Beschichtung

Anmerkung:

Für Gewinde $> 2 \times D_N$ empfiehlt es sich, Schmiermuttern in das Gewindeteil einzuschleifen, was durch Umarbeitung kurzfristig machbar ist.

Die Anwendung

- für langspanende, weiche und zum Schmieren neigende Werkstoffe
- von ca. 200 bis 700 N/mm² Zugfestigkeit
- ISO N, AISI-Legierungen bis 12 % Si-Anteil sowie langspanende Kupferlegierungen
- ISO S, Ti-Legierungen bis ca. 1100 N/mm² (bei Verwendung von heavy duty Öl)
- stark bei mäßig guten Schmierbedingungen, bei denen TiN oder TiCN zum Aufschweißen neigen
- geeignet für MMS

Der Spezialist für die Rostfreibearbeitung



Protodyn® S Eco Inox Typ: E2061305

Das Werkzeug

- spezielle Polygoneometrie ermöglicht die Bearbeitung von rostfreien Stählen mit Emulsion

Die Anwendung

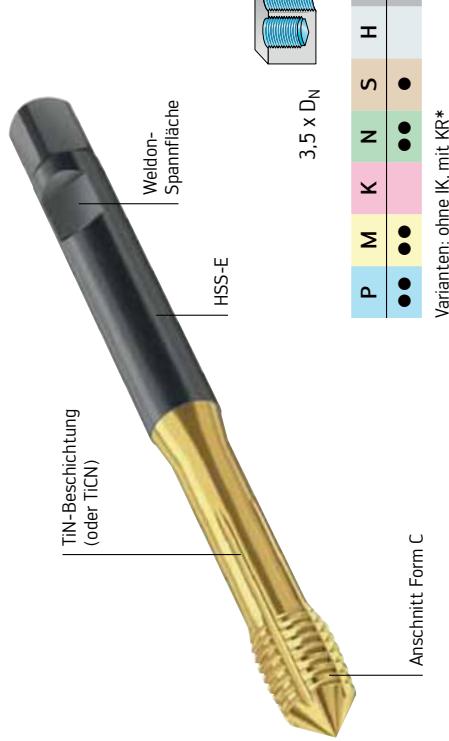
- Bearbeitung von rostfreien Stählen mit Emulsion

Anmerkung:

Mit herkömmlichen Gewindeformern können rostfreie Stähle nur mit Öl bearbeitet werden. BAZ werden jedoch i.d.R. mit Emulsion betrieben. Für das Gewindeformen müssen die Maschinen angehalten werden, um das Gewinde manuell mit Öl zu befüllen. Zusätzlich zur erhöhten Bearbeitungsdauer besteht dann die Gefahr, dass die Emulsion aufgrund des eingebrachten Öls kippt.

- Einsatz in allen formbaren Werkstoffen möglich, Performance ist im Vergleich zu universellen Gewindeformern allerdings geringer

Synchron stark, universell einsetzbar



Protodyn® S Syncrospeed Typ: S2061305

Das Werkzeug

- kurzes Gewindeteil für reduzierte Reibung und hohe Formgeschwindigkeiten
- Varianten mit radialer Innenkühlung für große Gewindetiefen im Standardprogramm
- Schafft Toleranz h6 (z.B. zur Verwendung in Schrumpffuttern)

Die Anwendung

- Einsatz auf Werkzeugmaschinen mit Synchronspindel; nicht geeignet für Ausgleichsfutter oder Schneidapparate
- universeller Einsatz in nahezu allen formbaren Werkstoffen bis ca. 1200 N/mm²
- für MMS geeignet
- die Verwendung von Spannfuttern mit Minimalausgleich (z.B. Protoflex C) wird generell empfohlen (Vorteil: erhöhte Standzeit und gesteigerte Prozesssicherheit)

Lange Standzeiten, höchste Geschwindigkeiten



P	M	K	N	S	H	0
●●	●	●	●●	●	●	4 x D _N
Protodyn® HSC	3 x D _N					

Varianten: ohne IK, mit KR*

Protodyn® HSC Typ: HP8061716

Das Werkzeug

- hohe Produktivität durch hohe Formgeschwindigkeiten
- Reduzierung von Lagerhaltungskosten durch universellen Einsatz
- Verwendung von einfachen, robusten Spannfuttern ohne Ausgleichsmechanismus möglich

Protodyn® S HSC:

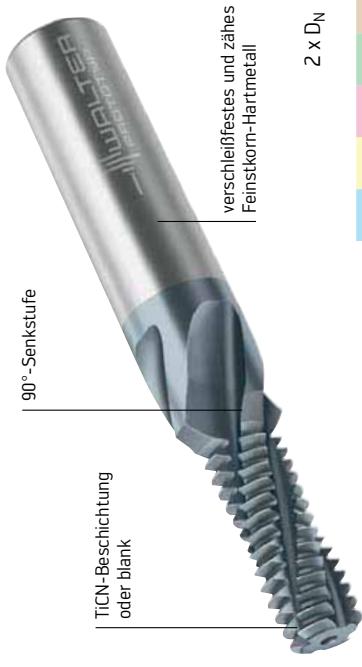
- Schmiernuten und axiale Kühlmittelzufuhr für tiefe Grundlochgewinde bis 4 x D_N

Die Anwendung

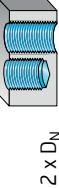
- ISO P: Stahl bis 1200 N/mm² Zugfestigkeit
- ISO M: rostfreie Materialien bis 1000 N/mm² Zugfestigkeit (vorzugsweise mit Öl)
- ISO N: AlSi-Legierungen bis 12 % Si-Anteil sowie Ni-Legierungen kleiner 900 N/mm² Zugfestigkeit

* IK = Innere Kühlmitteizufuhr
KA = Innere Kühlmitteizufuhr mit Kühlmittelaustritt axial
KR = Innere Kühlmitteizufuhr mit Kühlmittelaustritt radial

Universell mit Senkstufe



verschleißfestes und zähes
Feinstkorn-Hartmetall



$2 \times D_N$

P	M	K	N	S	H	O
●●	●●	●●	●●	●●	●●	●

Varianten: ohne IK, mit KA (ab Abmessung M4,*)

Typ: H5055016

Das Werkzeug

- Vollhartmetall-Gewindefräser mit Senkstufe
- Rundlaufgenauigkeit < 10 µm für hervorragende Gewindequalität und hohe Standzeiten

Die Anwendung

- universelle Anwendung in breitem Materialspektrum bis ca. 1500 N/mm²
- sehr gute Laufrhre und weicher Schnitt durch optimierte Geometrie

Ihre Vorteile

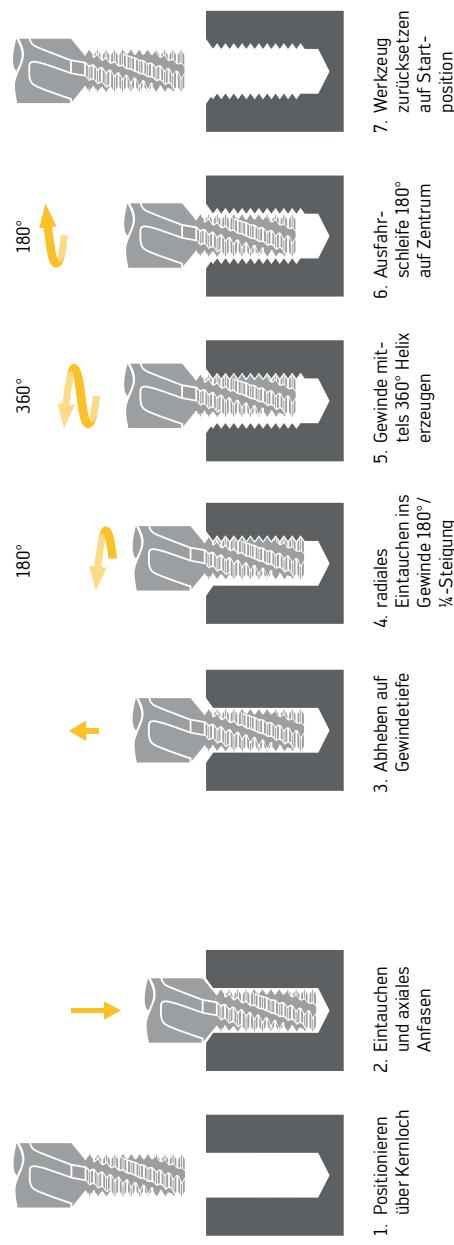
- hohe Standzeit und hohe Schnittwerte durch verbessertes Substrat
- sehr gute Laufrhre und weicher Schnitt durch optimierte Geometrie



Anmerkung:

Ist keine Senkstufe erforderlich, empfiehlt sich die Verwendung von Gewindefräsern der Familie **TMG**. Deren Anwendungsgebiet deckt sich mit dem der Familie TMC. Die Gewindefräser TMC beginnen im Standardprogramm bei der Abmessung M3, die kleinste Abmessung der Familie TMG ist M6.

Gewindefräsen TMC



* IK = Innere Kühlmitteleinzufuhr
KA = Innere Kühlmitteleinzufuhr mit Kühlmittelaustritt axial
KR = Innere Kühlmitteleinzufuhr mit Kühlmittelaustritt radial

Höchste Prozesssicherheit bei kleinsten Gewinden



Gewindefräser TMO - Thread Mill Orbital

Das Werkzeug

- kurzes Schneidenteil, kleiner Drillwinkel und positiver Spannwinkel für reduzierte Kräfte und weichen Schnitt
- großer Schaftdurchmesser für vibrationsfreien Einsatz auch bei großer Ausspannlänge
- stabile Grundkonstruktion mit großem Seelendurchmesser

Die Anwendung

- universeller Einsatz in breitem Werkstoffspektrum bis 1500 N/mm² Zugfestigkeit bzw. 48 HRC
- ausgezeichnete Zerspanungseigenschaften auch bei höherfesten und zum Klemmen neigenden Werkstoffen (z.B. hochfeste rostfreie Stähle und Ti-Legierungen)

Ihre Vorteile

- hohe Standzeit durch innovative Frästrategie
- kleine und tiefe Gewinde (z.B. M1,6, 3 x D_N Tiefe) prozesssicher herstellbar
- Einsatz dort vorteilhaft, wo konventionelle Werkzeuge an ihre Grenzen stoßen:

 - Bearbeitung schwer spanbarer Werkstoffe wie z.B. Inconel
 - Herstellung tiefer Gewinde
 - Abhilfe, wenn bei konventionellen Gewindefräsem aufgrund kongischer Gewinde (mehrfache) radiale Schnittaufteilungen notwendig wären

Typ: H5087016



Anmerkung:

Orbitalgewindefräser sind auch in der Ausführung TMO HRC erhältlich. Diese Werkzeuge sind speziell für die Bearbeitung gehärteter und hochfester Materialien ausgelegt.

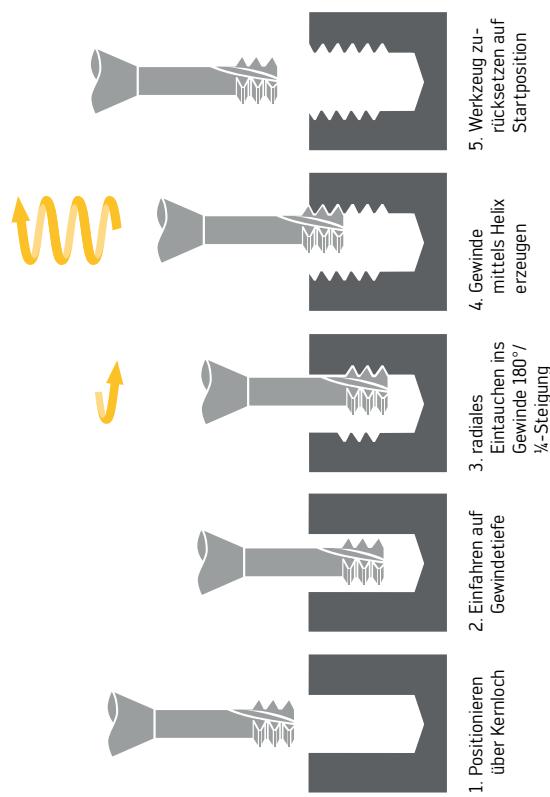
Primäres Einsatzgebiet: gehärtete Stähle bis 65 HRC, Stähle und legierte Stähle ab 1400 bis 1600 N/mm²

P	M	K	N	S	H	0
●●	●●	●●	●●	●●	●●	●

Varianten: ohne IK, mit KA (ab Abmessung M5)*

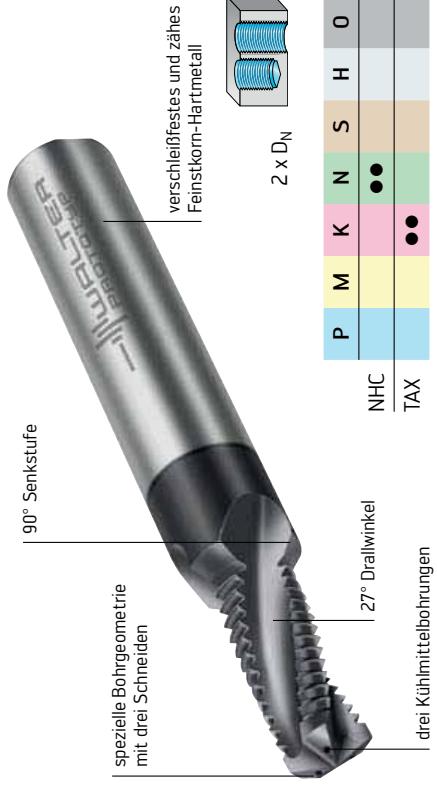
Orbital-Gewindefräsen TMO

Die Strategie:



* IK = Innere Kühlmitteleinzufuhr
KA = Innere Kühlmitteleinzufuhr mit Kühlmittelaustritt axial
KR = Innere Kühlmitteleinzufuhr mit Kühlmittelaustritt radial

Bohren, Senken und Gewinden in einem Zug



VHM-Bohrgewindefräser TMD - Thread Mill Drill Typ: H5075018

Das Werkzeug

- Vollhartmetall-Bohrgewindefräser
- Schnedenlänge und Senkstufe abgestimmt auf $2 \times D_N$ Gewindetiefe
- TAX-Beschichtung für ISO K Materialien
- NHC-Beschichtung für ISO N Materialien

Die Strategie:

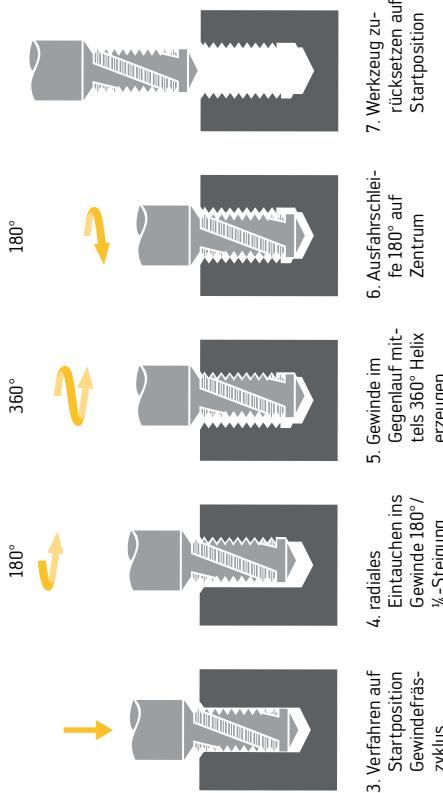


1. Positionieren über Kernloch
2. Anbohren, Bohren, Ansensen des Kernlochs und Entspannen
3. Verfahren auf Startposition Gewindefräszzyklus
4. radiales Eintauchen ins Gewinde $180^\circ / \frac{1}{4}$ -Steigung
5. Gewinde im Gegenlauf mittels 360° Helix erzeugen
6. Aufahrtschleife 180° auf Zentrum
7. Werkzeug zurücksetzen auf Startposition

Die Anwendung

- ISO K: Gusswerkstoffe wie z.B. GG625 (GG66 Materialien können nur in Ausnahmefällen bearbeitet werden. Teilweise kann die Bearbeitung dieser Materialien durch ein zweischneidiges Sonderwerkzeug ermöglicht werden.
- ISO N: Gussaluminium ab 7 % Si-Gehalt; kurzspanende Mg- und Cu-Legierungen
- direkte Bearbeitung vorgegossener Kernlöcher

Bohrgewindefräsen TMD mit Senkstufe



** Vorteilhaftigkeit kann in Abhängigkeit der Span-zu-Span Zeit variieren

Praxistipp:
Sinnvoll ist die Verwendung des TMD auch dann, wenn ein einziges Gewinde eine andere Spezifikation aufweist als alle anderen Gewinde des Bauteils. Beispiel: 13 Gewinde je Bauteil, 12 davon M8, 1 Gewinde M6. Anstatt Kernlochbohrer und Gewindewerkzeug zu verwenden, kann dieses Gewinde wirtschaftlicher mit dem TMD hergestellt werden.

* IK = Innere Kühlmitteizufuhr
KA = Innere Kühlmitteizufuhr mit Kühlmittelaustritt axial
KR = Innere Kühlmitteizufuhr mit Kühlmittelaustritt radial

Universelle Grundlochgewindebohren



Werkzeugauswahl – Gewindebohren

Universelle Durchgangslochgewindebohrer



P	Paradur® Eco Plus (3 x D _N)	Paradur® Synchrospeed* (2,5 x D _N)		
M		Paradur® Eco Plus (3 x D _N)	Paradur® Synchrospeed* (2,5 x D _N)	
K			Paradur® Eco Plus (3 x D _N)	Paradur® Synchrospeed* (2,5 x D _N)
N			Paradur® Eco Plus (3 x D _N)	Paradur® Synchrospeed* (2,5 x D _N)

Schneidstoff HSS-E oder HSS-E-PM

* nur für Synchronbearbeitung

Universelle Durchgangslochgewindebohrer



P	M	K	N
Prototex® Eco HT (3,5 x D _N)	Prototex® Synchrospeed* (3 x D _N)	Prototex® Eco HT (3,5 x D _N)	Prototex® Synchrospeed* (3 x D _N)

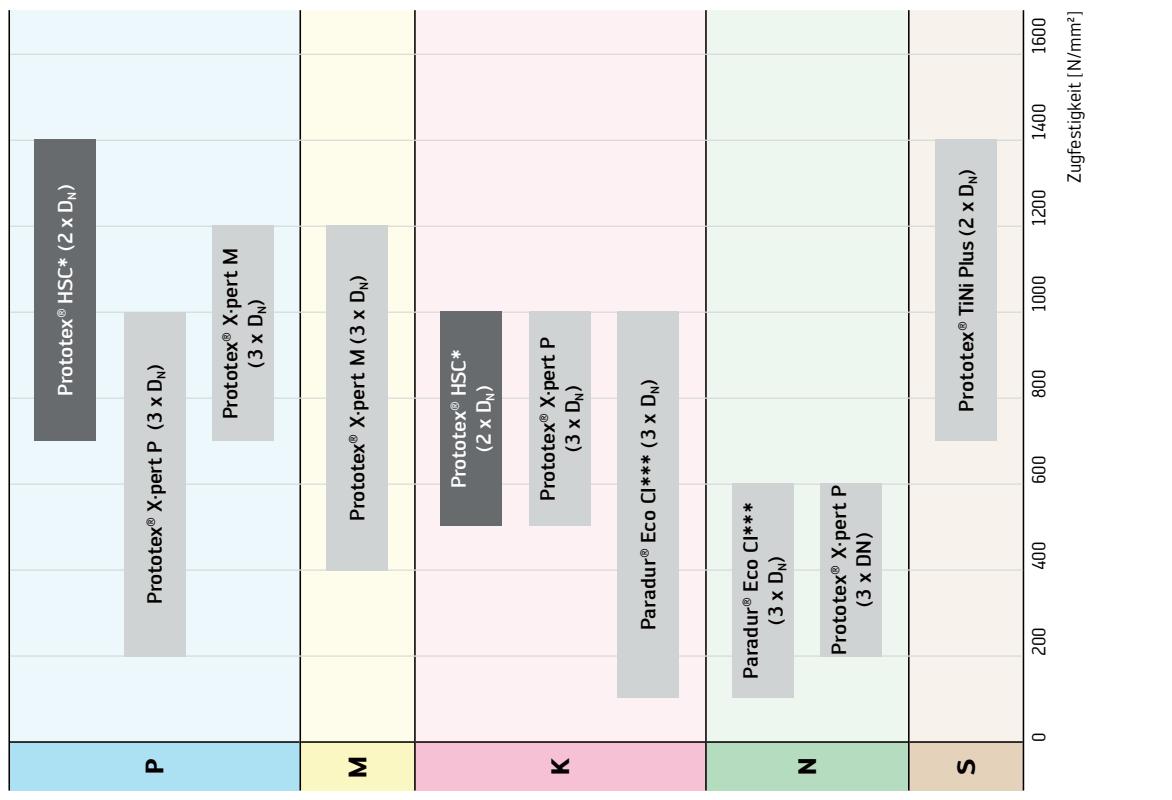
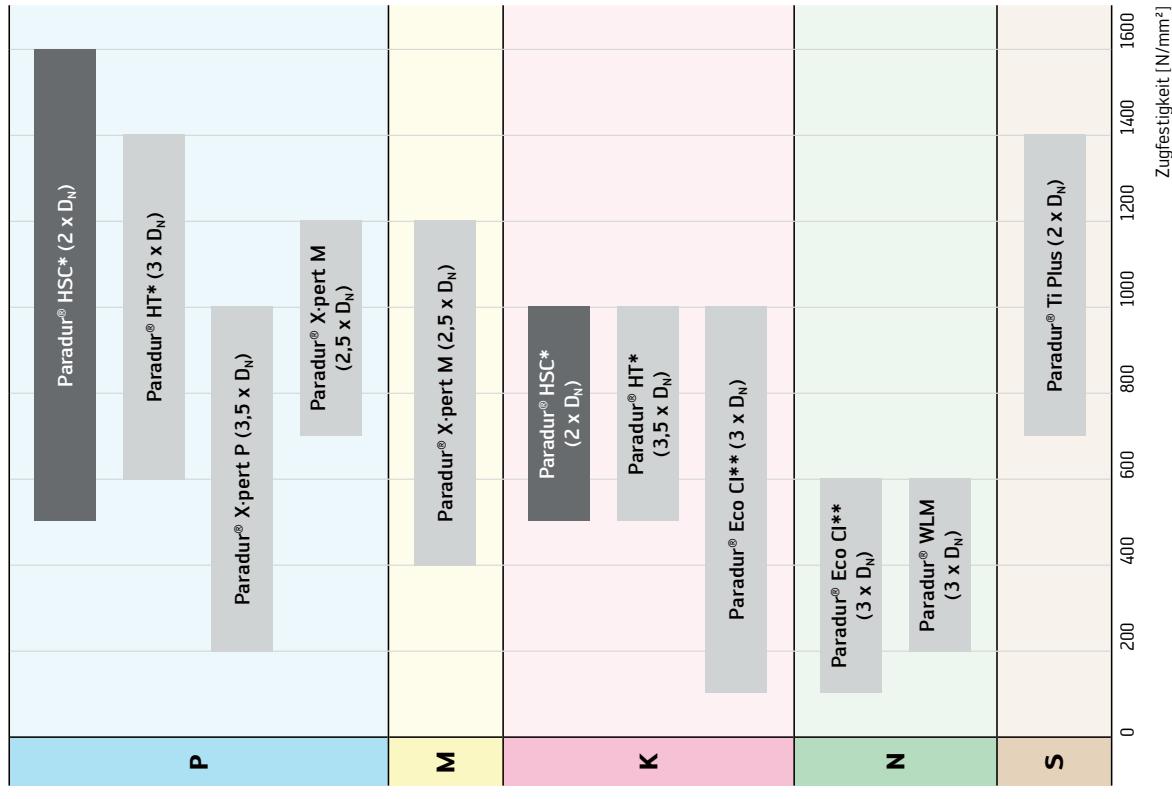
Werkzeugauswahl – Gewindebohren

Grundlochgewindebohrer für spezielle Anwendungen



Werkzeugauswahl – Gewindebohren

Durchgangslochgewindebohrer für spezielle Anwendungen



* Innenkühlung erforderlich
** nur für kurzspanende Materialien

■ Schneidstoff Vollhartmetall
■ Schneidstoff HSS-E oder HSS-E-PM

Gewindeformer

Werkstoffgruppe		Gewindetiefe	2,0 x D _n	2,5 x D _n	3,5 x D _n		
Typ	Produktinformationen: Seite	Protodyn® S Eco LM	Protodyn® S Plus	Protodyn® S Eco Plus	Protodyn® S Eco Inox	Protodyn® S Syncro-speed	Protodyn® S HSC
Gliederung der Werkstoffhauptgruppen							
Werkstückstoff							
		Lugfestigkeit R _e N/mm ²	Brunell-Härte HB				
P	Unlegierter und niedrig legierter Stahl	geglüht (vergütet)	210	700	•	•	•
	Automatenstahl	vergütet	220	750	•	•	•
	vergütet	vergütet	300	1010	•	•	•
	vergütet	vergütet	380	1280	•	•	•
P	Hochlegierter Stahl und hochlegierter Werkzeugstahl	geglüht	430	1480			
	gehärtet und angelassen	gehärtet und angelassen	200	670	•	•	•
	gehärtet und angelassen	gehärtet und angelassen	300	1010	•	•	•
	feritisch/martensitisch, geglättet	feritisch/martensitisch, geglättet	400	1360			
M	Nichtrostender Stahl	martenitisch, vergütet	670	•	•	•	•
	austenitisch, Duplex	austenitisch, ausgehärtet (PH)	230	780	•	•	•
K	Grauguss	300	1010	•	•	•	•
	Gusseisen mit Kugelgraphit	ferritisches, perlitisches	245	—			
	GGV (CGI)	365	—				
N	Aluminium-Knetlegierungen	200	—				
	Aluminium-Gusslegierungen	nicht austihärtbar	30	—	•	•	•
	Magnesiumlegierungen	austihärtbar, ausgehärtet	100	340	•	•	•
S	Kupfer und Kupferlegierungen (Bronze/Messing)	≤ 12 % Si	90	310	•	•	•
		> 12 % Si	130	450			
	Wärmfeste Legierungen	unlegiert, Elektrolytkupfer	70	250			
		Messing, Bronze, Rotguss	100	340	•	•	•
S	Cu-Legierungen, kurzspanend	Cu-Legierungen, kurzspanend	110	380			
	hochfest, Ampco	hochfest, Ampco	300	1010			
	Fe-Basis	Fe-Basis	280	940			
	Ni- oder Co-Basis	Ni- oder Co-Basis	250	840	•	•	•
S	Ni- oder Co-Basis	Ni- oder Co-Basis	350	1080			
	Reinitan	Reinitan	200	670	•	•	•
	α- und β-Legierungen, ausgehärtet	α- und β-Legierungen, ausgehärtet	375	1260	•	•	•
	β-Legierungen	β-Legierungen	410	1400	•	•	•
Titanlegierungen	Wolframlegierungen	Wolframlegierungen	300	1010			
	Molybdänlegierungen	Molybdänlegierungen	300	1010			

Gewindefräser

Werkstoffgruppe	Gewindedicke	1,5 x D _n		2,0 x D _n		2,0 x D _n		2,0 x D _n		
		Typ	Produktinformationen: Seite	TMG	TMC	TMO HRC	TMD	TMO	3,0 x D _n	
Gliederung der Werkstoffhauptgruppen										
Werkstückstoff										
P	Unlegierter und niedrig legierter Stahl	geglüht (vergütet)	210	700	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	
	vergütet	Automatenstahl	220	750	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	
	vergütet	vergütet	300	1010	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	
	vergütet	vergütet	380	1280	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	
	vergütet	vergütet	430	1480	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	
	vergütet	vergütet	430	1480	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	
	vergütet	vergütet	430	1480	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	
	vergütet	vergütet	430	1480	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	
M	Nichtrostender Stahl	austenitisch, Duplex	230	780	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	
	austenitisch, austenitisch, vergütet (PH)	300	1010	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	
K	Grauguss GGV (CGI)	ferritisch, perlitisch	245	–	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	
	Gussseisen mit Kugelgraphit	ferritisch, perlitisch	365	–	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	
	Aluminium-Knetlegierungen	nicht austüthbar austüthbar, ausgehärtet	30	–	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	
	Aluminium-Gusslegierungen	≤ 12 % Si	100	340	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	
		> 12 % Si	90	310	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	
N	Magnesiumlegierungen	130	450	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	
	Kupfer und Kupferlegierungen (Bronze/Messing)	70	250	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	
		unlegiert, Elektrolytkupfer	100	340	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	
	Messing, Bronze, Rotguss	90	310	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	
	Cu-Legierungen, kurzspanend	110	380	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	
	hochfest, Ampco	300	1010	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	
	Fe-Basis	280	940	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	
	Ni- oder Co-Basis	250	840	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	
	Ni- oder Co-Basis	350	1080	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	
S	Reintitan	200	670	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	
	α- und β-Legierungen, ausgehärtet	375	1260	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	
	β-Legierungen	410	1400	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	
	Wolframlegierungen	300	1010	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	
	Molybdänlegierungen	300	1010	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	
H	Gehärteter Stahl	50 HRC	–	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	
		55 HRC	–	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	
		60 HRC	–	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	

Vergleich der Verfahren zur Gewindeherstellung

	Vorteile	Nachteile																												
Gewindebohren	<ul style="list-style-type: none"> – keine besonderen Anforderungen an die Maschine – fast alle zerspanbaren Werkstoffe können bearbeitet werden 	<ul style="list-style-type: none"> – Spanabfuhr stellt häufig eine Herausforderung dar und bedingt die Werkzeugvielfalt sowie spezielle Modifikationen (vor allem bei tiefen Grundlochgewinden in langspanenden Materialien) – reduzierte Werkzeugstabilität durch Spannutten; Bruchgefahr steigt – Gefahr von Ausschuss bei Werkzeugbruch – Einsatzgebiet begrenzt durch Bruchdehnung, Zugfestigkeit und Gewindesteigung 																												
Gewindeformen	<ul style="list-style-type: none"> – hohe Prozesssicherheit <ul style="list-style-type: none"> • keine Späne und daher keine Probleme bei der Spanabfuhr; auch tiefe Gewinde sind somit prozesssicher herstellbar • geringe Bruchgefahr durch stabile Werkzeuge – hohe Gewindequalität <ul style="list-style-type: none"> • höhere statische und dynamische Festigkeit des Gewindes aufgrund von Kaltverfestigung • sehr gute Gewindeoberfläche mit geringer Rauhtiefe 	<ul style="list-style-type: none"> – höhere Standzeit im Vergleich zum Gewindebohren – Werkzeuge können sehr universell eingesetzt werden – GL- und DL-Gewinde mit einem Werkzeug – Gefahr von Ausschuss bei Werkzeugbruch – Einsatzgebiet begrenzt durch Bruchdehnung, Zugfestigkeit und Gewindesteigung 																												
Gewindefräsen	<ul style="list-style-type: none"> – hohe Flexibilität <ul style="list-style-type: none"> • universeller Einsatz der Werkzeuge in den verschiedensten Materialien • ein Werkzeug für Grund- und Durchgangsgewinde • unterschiedliche Gewindeabmessungen (bei gleicher Steigung) mit einem Werkzeug herstellbar • beliebige Toleranzlagen mit einem Werkzeug herstellbar • ein- und mehrgängige Gewinde sowie Rechts- und Linksgewinde mit einem Werkzeug herstellbar – hohe Prozesssicherheit <ul style="list-style-type: none"> • keine Gefahr von Spänewicklern • kein Ausschuss bei Werkzeugbruch • niedriges Drehmoment auch bei großen Abmessungen • schräge Ein- und Ausläufe sind unproblematisch • Bearbeitung dünnwandiger Bauteile dank geringer Schnittkräfte möglich 	<ul style="list-style-type: none"> – hohe Werkzeugkosten im Vergleich zu HSS-E Gewindebohren und -formen – 3D-CNC-Maschine absolut erforderlich – aufwendigere Programmierung 																												
Gewindeschneiden		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Prozess-sicherheit</th> <th>Flexibilität/geschwindigkeits-sicherheit</th> <th>Universalität/geschwindigkeits-sicherheit</th> <th>Standmenge</th> <th>Werkzeug-kosten</th> <th>Gewinde-tiefe</th> <th>typische Losgrößen</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-</td><td>+</td><td>+</td><td>-</td><td>-</td><td>+</td><td>gering bis sehr hoch</td></tr> <tr> <td>++</td><td>+</td><td>+</td><td>++</td><td>+</td><td>++</td><td>gering bis sehr hoch</td></tr> <tr> <td>++</td><td>+</td><td>+</td><td>++</td><td>+</td><td>+</td><td>gering bis mittel</td></tr> </tbody> </table> <p>– Referenz + höher als Referenz ++ deutlich höher als Referenz</p>	Prozess-sicherheit	Flexibilität/geschwindigkeits-sicherheit	Universalität/geschwindigkeits-sicherheit	Standmenge	Werkzeug-kosten	Gewinde-tiefe	typische Losgrößen	-	+	+	-	-	+	gering bis sehr hoch	++	+	+	++	+	++	gering bis sehr hoch	++	+	+	++	+	+	gering bis mittel
Prozess-sicherheit	Flexibilität/geschwindigkeits-sicherheit	Universalität/geschwindigkeits-sicherheit	Standmenge	Werkzeug-kosten	Gewinde-tiefe	typische Losgrößen																								
-	+	+	-	-	+	gering bis sehr hoch																								
++	+	+	++	+	++	gering bis sehr hoch																								
++	+	+	++	+	+	gering bis mittel																								

Toleranzlagen von Gewindebohrern und -formern

Die Toleranzlage des hergestellten Innen gewindes hängt nicht nur von den Werkzeugmaßen ab, sondern auch vom Werk stoff und den Bearbeitungsbedingungen. In manchen Fällen ist es vorteilhaft, von der Norm abweichende Abmaße zu wählen. Diese Tolerierung wird durch ein der Toleranzklasse nachgestelltes X kenntlich gemacht (z.B. 6H anstatt 6H). Es gilt zu beachten, dass sich diese X-Lagen von Hersteller zu Hersteller unterscheiden, da sie ausschließlich auf Werksnormen basieren.

Gewindebohrer, welche für zähe Werk stoffe konzipiert sind, werden bei Walter Prototyp in X-Lage gefertigt, um den rückfedernden Eigenschaften der Werk stoffe entgegenzuwirken. Bei Walter Prototyp bedeutet dies für Gewindebohrer die Anhebung der Abmaße um eine halbe Toleranzlage. Die für rostfreie Stähle konzipierte Produktfamilie Xpert M ist daher in X-Lage ausgeführt. Gewindebohrer für hochfeste Titan- und Nickellegie rungen sind aus demselben Grund in X-Lage bemessen.

Werden abrasive Werkstoffe wie z.B. Grauguss bearbeitet und stellt Verschnei den kein Problem dar, ist es ebenfalls sinnvoll, die Werkzeuge in X-Lage zu fertigen. Aufgrund der Tolerierung in X-Lage wird die Standzeit erhöht – denn es dauert länger, bis das Werkzeug so stark verschlissen ist, dass sich die Gütseite der Gewindelehre nicht mehr eindrehen lässt. Aus diesem Grund wird beispielsweise der Gewindebohrer Par acur® Eco Cl in eben dieser Toleranzlage produziert.

Gewindeformer werden ausschließlich in X-Lage hergestellt, da das Material beim Gewindeformen stärker zurückfedert als beim Gewindeschneiden. Die X-Lagen für Gewindeformer unterscheiden sich zwar von denen für Gewindebohrer, dies hat jedoch keinen Einfluss auf die Toleranz des herzustellenden Muttergewindes – wie aus unten stehender Tabelle hervorgeht.

Toleranzklasse Werkzeug DIN Bezeichnung für Gewindebohrer	Werknorm für Gewindebohrer und Gewindeformer	herstellbares Toleranzfeld des Muttergewindes	herstellbares Toleranzfeld des Muttergewindes	technische Anwendung
ISO1/4H	4H	5H	–	–
ISO2/6H	6H	4G	6H	–
ISO3/6G	6G	–	6G	7H 8H normal Schraubverbindung
7G	7G	–	–	7G 8G Schraubverbindung mit viel Spiel vorbeugend gegen Verzug bei Wärmebehandlung

Beispiel: Metrisches Gewinde, galvanischer Überzug der Dicke 25 µm Mit dem Flankenwinkel von 60° ergibt sich: $f = \frac{2}{\sin \frac{60}{2}} = \frac{2}{0.5} = 4$ daraus folgt $A = 0,025 \text{ mm} \times 4 = 0,1 \text{ mm}$	<p>Die Toleranzklasse des Werkzeugs (z.B. 4H) entspricht dem Toleranzfeld des Muttergewindes, für welches das Werkzeug ausgelegt ist. Dass mit diesen Werkzeugen aber auch andere Toleranzfelder erzeugt werden können, ist in unten stehender Tabelle dargestellt.</p> <p>Nachträglich auf dem Muttergewinde aufgebrachte Beschichtungen müssen beim Gewindebohrer mit einem Aufmaß ausgetragen werden. Dieses Aufmaß lässt sich mit folgender Formel berechnen:</p> $A = T \times f \text{ mit } f = \frac{2}{\sin \frac{\alpha}{2}}$ <p>A stellt das zu ermittelnde Aufmaß dar, T die Schichtdicke der nachträglich aufgebrachten Beschichtung und α gibt den Flankenwinkel an.</p> <p>Anmerkung: Beim Gewindefräsen können mit einem Werkzeug beliebige Toleranzlagen erzeugt werden, da die Toleranzlagen über die Programmierung festgelegt werden.</p>
---	--

Beschichtungen und Oberflächenbehandlungen

Einsatzgebiete Primärart	Merkmale	blank	vap	nit (nit + vap)	TiN	TiCN	THL
– sehr tiefe Grundlöcher in weichen Stählen – Verwendung bei Problemen mit Spanabfuhr	– vor allem für rostfreie Materialien – in weichen zähnen und zum Aufschweißen neigenden Werkstoffen – für sehr tiefe Grundlochgewinde	– DL; Stahl bis 1200 N/mm ² , Guss- und Al-Bearbeitung; – GL; nur kurzspanende Werkzeuge (G6, AlSi-Leg. > 7 % Si, C70); Stähle mit hohem Perlitzgehalt, – nicht für rostfrei, zum Klemmen neigende Materialien	– niedriglegierte Stähle – rostfreie Materialien – für Ni-Legierungen geeignet	– niedriglegierte Stähle – rostfreie Materialien – für Ni-Leg. geeignet	– legierte und unlegierte Stähle – abrasive Materialien wie Grauguss, AlSi- (> 5 % Si), Cu - Bronze-Leg. – universelle Schicht für GFR bis 48 HRC – für Ni-Leg. geeignet	– Stähle, allgemein und v.a. rostfreie Stähle – tiefe Grundlöcher – MMS-Bearbeitung – GJS (GGG)	
– geringere V _c /Standmenge im Vergleich zu beschichteten Wkz – eng gerollte Späne	– verbessert Kühlenschmiermittel-Hartung und reduziert damit Aufschweißungen – geringere V _c /Standmenge gegenüber beschichteten Werkzeugen – verbesserte Spanabfuhr	– höhere Standzeit durch erhöhte Oberflächenhärte – steigende Sprödigkeit – nitaniert bedeutet nitriert und vaporisiert	– universelle Schicht – für viele Werkstoffe geeignet – nicht für Ti-Legierungen	– verschleißresistent gegenüber abrasiven Werkstoffen – gut geeignet für VHM-Werkzeuge – nicht für Ti-Leg.	– bessere Spanbildung als TiN und TiCN – Neigung zu Aufschweißungen in manganhaltigen Werkstoffen		
Optik							
Einsatzgebiete Primärart	Merkmale	Cn	Nhc	Dlc	Acn	Tax	Diamant
		– Gewindebohren von Al- und Cu-Leg. – Gewindeformen von Ti-Leg. – Bearbeitung von schmierenden Stählen	– NE-Metalle (Cu-, Messing-, Bronze-, Ti-Legierungen) – AlSi-Leg. mit bis zu 12 % Si-Anteil	– zum Schmieren neigende Al-Legierungen	– Ti-Legierungen – Ni-Legierungen	– universelle Anwendung beim Gewindefräsen – auch für gehärtete Stähle und HSC-Bearbeitung	– abrasive Materialien wie AlSi-Leg. > 12 % Anteil
– reduziert Aufschweißungen	– reduziert Aufbauschneidenbildung – resistent gegen abrasiven Verschleiß – scharfe Schneidkanten möglich, da dünne Schicht	– teilweise erhebliche Standzeitveränderungen möglich	– keine Affinität zu Titanlegierungen, da titanfreie Schicht	– hohe Temperaturbeständigkeit – universelle Schicht	– resistant gegen abrasiven Verschleiß		
Optik							

Beschichtungen und Oberflächenbehandlungen

Zugfestigkeit gering bis mittel							Zugfestigkeit mittel bis hoch	Zugfestigkeit hoch bis sehr hoch	Zugfestigkeit gering bis hoch	Zugfestigkeit mittel bis sehr hoch	Zugfestigkeit mittel bis sehr hoch
Material	P	X	X	X			X		X	X	X
M		X	X	X			X		X	X	X
K		X	X	X			X		X	X	X
N	X	X	X	X	X	X		X			
S			X					X			
H									X		X

Oberflächenbehandlung	blank	vap	TiN	CrN	NiC	DLC	Diamant	nid	ACN	TiCN	THL	TAFT	TAX
Gewindebohren	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	
Gewindeformen			X	X			X			X			
Gewindefräsen				X		X	X		X	X		X	
Bohrgewindefräsen					X								X

Beschichtungsauswahl Gewindeformen

Werkstoff	TiN	TiCN
Magnetweichisen	●	
Baustahl	●●	●
Kohlenstoffstahl	●	●●
Stahl legiert	●●	●
Stahl vergütet	●●	●
rostfreier Stahl	●	●●
austenitisch	●	●●
ferritisch, martenitisch, duplex	●	●●
hochwarmfest	●	●●
Al/Mg unlegiert	●●	●
Al, legiert Si < 0,5 %	●	●●
Al, legiert Si < 0,5 % ... 10%	●	●●
Al, legiert Si > 10 %	●	●●

●● Empfehlung ● mögliche Anwendung

Kühlung und Schmierung

Üblicherweise spricht man in diesem Zusammenhang von „Kühlmittel“, obwohl beim Gewindedrehen und insbesondere beim Gewindeformen die Schmierung von größerer Bedeutung ist als die Kühlung. Man unterscheidet zwischen folgenden Methoden der Kühlmittelzufuhr:

- äußere Kühlmittelzufuhr
- äußere Kühlmittelzufuhr über achsparallele Austritte am Futter
- „innere“ Kühlmittelzufuhr über Nuten am Schaft
- Innere Kühlmittelzufuhr (= **IK**) mit Kühlmitteleintritt axial (= **KA**)
- Innere Kühlmittelzufuhr mit Kühlmitteleintritt radial (= **KR**)

Die äußere Kühlmittelzufuhr ist die am weitesten verbreitete Methode und funktioniert in den meisten Fällen. Bei vertikaler Bearbeitung von Grundloch-Gewinden fühlt sich die Kernloch-Bohrung mit Kühlmittel (außer bei sehr kleinen Bohrdurchmessern), was vorteilhaft für die Gewindebearbeitung ist.

Bei Durchgangsgewinden kann sich das Kernloch zwar nicht füllen, da die Späne beim Gewindedrehen aber in Vorschubrichtung gefördert werden und beim Gewindeformen keine Späne entstehen, kann das Kühlmittel auch bei tiefen Gewinden bis zum Anschliff vordringen. Der Kühlmittelstrahl sollte möglichst parallel zur Werkzeugachse eingestellt sein.

Problematisch wird die äußere Zufuhr bei der Bearbeitung tiefer Gewinde mit horizontaler Spindelstellung. Das Kühlmittel kann in diesem Fall nicht immer bis zur Schneide vordringen. Beim Grundlochgewindedrehen erschweren die ablaufenden Späne zusätzlich die Kühlmittelzufuhr.

Die achsparallele Zufuhr über Kühlnuten am Schaft bringt erhebliche Vorteile, weil das Kühlmittel unabhängig von der Werkzeuglängen immer zuverlässig an der Schneide ankommt. Zu beachten ist lediglich, dass mit zunehmender Drehzahl das Kühlmittel radial weggeschleudert wird, wenn der Kühlmitteldruck zu niedrig ist.

Die innere Kühlmittelzufuhr stellt sicher, dass das Kühlmittel zu jedem Zeitpunkt an die Schneide herangeführt wird. Somit ist eine optimale Kühlung und Schmierung der Schneide stets gewährleistet. Darüber hinaus wird ggf. der Spänentransport unterstützt.

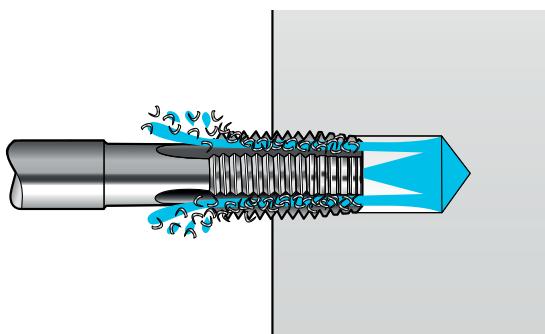
Werkstoffgruppe	Werkstoff	Gewindeschneiden	Gewindeformen	Gewindefräsen
P	Stahl	Emulsion 5 %	Emulsion 5–10 %	Emulsion/MMS/ Blasluft
	Stahl 850–1200 N/mm ²	Emulsion 5–10 %	Emulsion 10 % oder Öl (Protofluid)	Emulsion/MMS/ Blasluft
	Stahl 1200–1400 N/mm ²	Emulsion 10 % oder Öl (Protofluid)	Emulsion 10 % oder Öl (Protofluid oder Hardcut 525)	Emulsion/MMS/ Blasluft
	Stahl 1400–1600 N/mm ² entspricht 44–49 HRC	Öl (Protofluid oder Hardcut 525)	Formen ist in der Regel nicht möglich	Emulsion/MMS/ Blasluft
M	Rostfreier Stahl	Emulsion 5–10 % oder Öl (Protofluid)	Öl (Protofluid) (Emulsion 5–10 % nur mit speziellen Werkzeugen möglich (Protodyn® S Eco Plus))	Emulsion
K	Grauguss GG	Emulsion 5 %	Formen ist nicht möglich	Emulsion/MMS/ Blasluft
	Kugelgraphitguss GGG	Emulsion 5 %	Emulsion 10 %	Emulsion/MMS/ Blasluft
N	Aluminium bis max. 12 % Si	Emulsion 5–10 %	Emulsion 5–15 %	Emulsion/MMS/ Blasluft
	Aluminium über 12 % Si	Emulsion 5–10 %	Emulsion nur in Ausnahmefällen sinnvoll	Emulsion/MMS/ Blasluft
	Magnesium	Öl (Protofluid)	Formen bei Raumtemperatur ist nicht möglich	Trocken
S	Kupfer	Emulsion 5–10 %	Emulsion 5–10 %	Emulsion/MMS/ Blasluft
	Titanlegierungen	Emulsion 10 % oder Öl (Protofluid oder Hardcut 525)	Öl (Hardcut 525)	Emulsion
H	Nickellegerungen	Emulsion 10 % oder Öl (Protofluid oder Hardcut 525)	Emulsion	Trocken/MMS
O	Kunststoffe	Emulsion 5 %	Formen ergibt keine maßhaltigen Gewinde	Emulsion/MMS

Kühlung und Schmierung – Gewindebohren

Beim Grundlochgewindebohren gilt es zwei Fälle zu unterscheiden:

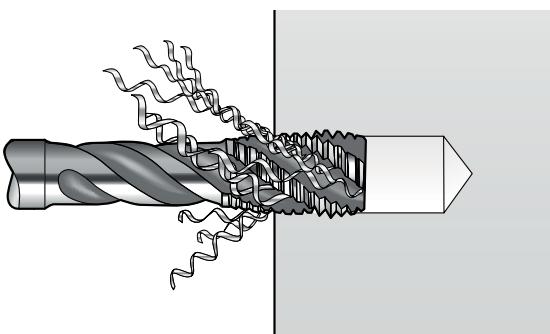
Fall 1: Kurze Späne

Die besten Ergebnisse in Bezug auf Performance und Prozesssicherheit werden dann erreicht, wenn die Späne kurz gebrochen werden können. Diese kurzen Späne können dann problemlos durch das Kühlmittel aus dem Gewinde ausgespült werden. Die Späne kurz zu brechen gelingt am Besten mit gerade genuteten Gewindebohrern (z.B. Paradur® HT). Bei Grundloch-Gewinden ist KA zu empfehlen.



Anmerkung:

Bei der Herstellung von Grundlochgewinden in kurzspanenden Materialien ohne IK sammeln sich die Späne am Bohrungsgrund. Ist der Sicherheitsabstand zu knapp bemessen, läuft das Werkzeug auf die Späne auf und kann brechen.



Fall 2: Lange Späne (Späne können nicht gebrochen werden)

Bei Stählen unterhalb von 1000 N/mm^2 oder auch grundsätzlich bei rostfreien Stählen und anderen hochzähnen Werkstoffen gelingt es in der Regel nicht, den Span kurz zu brechen. In diesen Fällen muss der Span über spiralisierter Werkzeuge abgeführt werden. Ist eine Innenkühlung vorhanden, unterstützt das Kühlmitteltank lediglich den Spänetransport. In einigen Fällen kann mit schwächer gedrallten Gewindebohrern gearbeitet werden, wodurch die Standzeit ansteigt.

Kühlung und Schmierung – Gewindefräsen

Beim **Gewindefräsen** ist generell die Nassbearbeitung anzustreben, sollte jedoch nur Anwendung finden, wenn eine gleichmäßige Kühlung gewährleistet werden kann. Die sonst auftretenden Thermoschocks beginnigen Mikrorisse, welche wiederum zu Ausbrüchen führen und damit die Standzeit des Werkzeuges senken. Bei der Nassbearbeitung mit extern zugeführtem Kühlenschmierstoff kann eine gleichmäßige Kühlung häufig nicht sichergestellt werden. Trockenbearbeitung mit Druckluft ist beim Gewindefräsen grundsätzlich möglich, es sind dann allerdings Einbußen bei der Standzeit hinzunehmen.

Bei der Grundlochbearbeitung ist die Verwendung eines Werkzeuges mit axialem Kühlmittelaustritt generell zu empfehlen. Optimal ist dann die Verwendung von Emulsion. Da das Werkzeug komplett umspült wird, treten keine Thermoschocks auf. Zudem unterstützt der Kühlmittelstrahl die Spanabfuhr und sorgt so für einen sicheren Prozess. Alternativ können hier auch intern zugeführte Druckluft oder MMS verwendet werden, was allerdings zu einer geringeren Standzeit führt. Die Herstellung von Grundlochgewinden mit extern zugeführter Emulsion ist nicht zu empfehlen, da sich unter Umständen Späne in der Kernlochbohrung ansammeln, was sich negativ auf die Standzeit auswirkt. Weiterhin besteht bei extern zugeführtem Kühlenschmierstoff ein erhöhtes Risiko von Thermoschocks.

Anmerkung:
Fehlende Kühlung stellt beim Gewindefräsen weniger ein Problem dar als sporadische Kühlung.

Kühlung und Schmierung – Gewindeformen

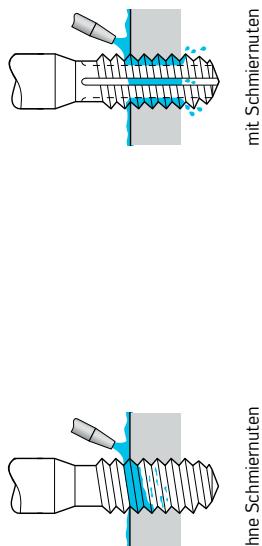
Die Kühlung und vor allem die Schmierung sind beim Gewindeformen von zentraler Bedeutung. Bei unzureichender Schmierung nimmt die Oberflächenqualität des Gewindes drastisch ab, wie diese Aufnahmen zeigen:



glatte Oberfläche bei hervorragender Schmierung
ohne Schmierung

schupige Oberfläche bei unzureichender Schmierung:
Abhilfe: Schmiernuten

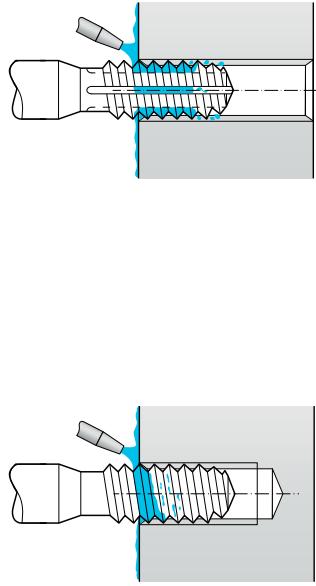
Man unterscheidet zwei grundsätzliche Werkzeugtypen: **Gewindeformer mit Schmiernuten** und **Gewindeformer ohne Schmiernuten**. Die unterschiedlichen Anwendungsbereiche sind nachfolgend erläutert.



Schmiernuten sorgen für eine gleichmäßige Schmierung auch im unteren Bereich tieferer Gewinde, weshalb Gewindeformer mit Schmiernuten universell einsetzbar sind. Vertikale Durchgangsgewinde bis ca. $3.5 \times D_N$ sind mit Schmiernuten auch ohne IK herstellbar.

- Der Einsatzbereich von Werkzeugen ohne Schmiernuten ist beschränkt auf:
 - Blechdurchzüge
 - Durchgangsgewinde bis $1.5 \times D_N$ (da sich kein Kühlmittel in der Kernlochbohrung sammeln kann)
 - Grundlochgewinde bei vertikaler Bearbeitung (bei sehr tiefen Grundlochgewinden wird KA empfohlen)

Für die Werkzeugauslegung sollte zwischen vier unterschiedlichen Fällen unterschieden werden:



Vertikale Grundlochbearbeitung

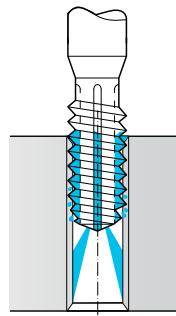
Schmiernuten und innere Kühlmittelzufuhr nicht erforderlich; externe Kühlmittelzufuhr ist ausreichend (bei sehr tiefen Gewinden wird KA empfohlen).

Vertikale Durchgangslochbearbeitung ($> 1.5 \times D_N$)

Schmiernuten sind erforderlich; innere Kühlmittelzufuhr ist nicht notwendig. Über die Schmiernuten kann das extern zugeführte Kühlenschmiermittel zu den Formkanten vordringen (bei sehr tiefen Gewinden wird KR empfohlen).

Horizontale Grundlochbearbeitung

Schmiernuten und innere Kühlmittelzufuhr notwendig. Axialer Kühlmittelaustritt ausreichend.



Horizontale Durchgangslochbearbeitung

Schmiernuten erforderlich. Innere Kühlmittelzufuhr mit radialem Austritt wird empfohlen.

Minimalmengenschmierung

Kühlschmiertmittel dienen in der spanenden Fertigung zur Reduzierung des Werkzeugverschleißes, zur Wärmeabfuhr von Werkstück und Maschine und zur Unterstützung des Spanabbruchs sowie des Späneabtransports. Darüber hinaus werden Werkstück, Werkzeug und Vorrichtungen von Späneresten befreit. Alles zusammen wichtige Voraussetzungen für eine effiziente, störungsfreie und wirtschaftliche Fertigung.

Die Kosten für Beschaffung, Pflege und Entsorgung der Kühlschmiertmittel steigen jedoch immer weiter an. Auch die schlechte Umweltverträglichkeit von Kühlschmiertstoffen und die davon ausgehende Gesundheitsgefahr für Maschinenbediener werden zunehmend kritisch betrachtet. Wie schon auf Seite 7 dargestellt, belaufen sich die Kosten des Kühlschmiertoffs auf ca. 16 % der gesamten Fertigungskosten. Daher ist die Reduzierung des Schmiertmittelverbrauchs aus ökonomischen und ökologischen Interessen von großer Bedeutung für nachhaltig arbeitende, erfolgreiche Unternehmen.

Realisiert werden kann dieses Vorhaben durch Minimalmengenschmierung (MMS). Bei MMS wird der Druckluft eine geringe Menge hochwirksamer Schmiertmittel zugesetzt. Trotz kleinstner Dosierung dieser Schmiertmittel (ca. 5-50 ml/Std.) können damit Aufschweißungen klebender Werkstoffe verhindert werden. Darüber hinaus kann mittels MMS durch Verringerung der Reibung die Prozessstemperatur herabgesetzt werden.

Im einfachsten Fall wird der Schmiertstoff von außen zugeführt. Diese Methode kann kostengünstig für bestehende Maschinen nachgerüstet werden, stößt allerdings bei Gewinden ab einer Tiefe von $1.5 \times D_N$ an ihre Grenzen. Die Zuführung des Schmiertstoffes über die Spindel ist vorteilhaft und sollte beim Kauf neuer Maschinen berücksichtigt werden.

Ihre Vorteile durch MMS-Bearbeitung mit Walter Prototyp Werkzeugen:	Werkstoffe, die für MMS-Bearbeitung geeignet sind	Werkstoffe, die nicht für MMS-Bearbeitung geeignet sind
<p>Anmerkung: Beim Gewindefräsen ist im Unterschied zum Gewindebohren und -formen Trockenbearbeitung generell möglich, es sind dann allerdings Einbußen bei der Standzeit hinzunehmen. Wird trocken gearbeitet, ist die Verwendung von Biasluft zur Unterstützung des Spantransports zu empfehlen. Beim Gewindefräsen ist MMS gegenüber Nassbearbeitung oftmals vorteilhaft, da das Werkzeug keinen Thermoschocks ausgesetzt ist.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Senkung der Produktionskosten und Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit - Reduzierung der Kühlsschmiertstoff-, Wartungs- und Entsorgungskosten - Reduzierung der Energiekosten - Vermeidung der gesundheitlichen Risiken für Mitarbeiter - oftmals keine Leistungseinbußen im Vergleich zur Nassbearbeitung - wannenartige Bauteile füllen sich nicht mit Kühlsschmiertstoff - reduzierter Aufwand für Bauteilreinigung 	<ul style="list-style-type: none"> - nicht oder niedrig legierte Stähle sowie Stahlguss < 1000 N/mm² - Grauguss - Messing - AISI-Legierungen - Kupfer-Legierungen 	<ul style="list-style-type: none"> - hochfeste, hochlegierte Stähle sowie Ti- und Ni-Legierungen - rostfreie Stähle

Anmerkungen: In der Praxis können Fälle auftreten, bei denen die oben genannte Einteilung nicht zutreffend ist.

Spannmittel

Wichtige Arten von Werkzeugaufnahmen für Gewindebohrer und -former

Gewindeschneidfutter, auch als Werkzeugaufnahmen bezeichnet, sind das Bindeglied zwischen Spindel und Werkzeug.

Allgemeine Aufgaben:

- Übergabe des Kühlstoffs aus der Spindel an das Werkzeug
- Schutz der Spindellagerung im Falle eines Werkzeugbruchs
- Schutz des Werkzeugs vor Bruch (kann nur in beschränktem Maß realisiert werden)
- Übertragung des Drehmoments
- ggf. axialer und/oder radialer Ausgleich von Differenzen zwischen Spindelposition und Werkzeug-Sollposition
- Übertragung des Drehmoments
- Abdrängung des Werkzeugs minimieren (Futter muss steif in Bezug auf radiale Kräfte sein)
- Dämpfung von Schwingungen



Schnellwechselselfutter mit axialem Ausgleich

Vorteile:

- Einsatz auf synchronen und nicht-synchronen Maschinen
- Ausgleich axialer und radialer Positionsabweichungen
- robuste Ausführung

Nachteile:

- aufwendigere Technik als bei starren Futtern
- kein Schutz vor Verschneiden, da sich das Werkzeug selbst führen muss

Schnellwechselselfutter sind im Standard-Produktprogramm von Walter verfügbar.

Anmerkung:

Alle gängigen Fräsfutter können für das Gewindefräsen verwendet werden. Für das Gewindebohren- und -formen gibt es spezielle Futter, die im Folgenden dargestellt sind.

Synchronfutter mit Minimalausgleich

Vorteile:

- Kompensation der Axialkräfte und dadurch deutliche Steigerung der Standmenge
- Kombination der Vorteile von starren Futtern mit denen von Ausgleichsfuttern

Nachteile:

- teurer in der Anschaffung im Vergleich zu starren Futtern
- Einsatz nur auf synchronen Werkzeugmaschinen

Synchronfutter mit Minimalausgleich sind im Standard-Produktprogramm von Walter verfügbar.

Wichtige Arten von Werkzeugaufnahmen für Gewindebohrer und -former

Gewindeschneidapparat

Vorteile:

- Einsatz auf synchronen und nicht-synchronen Maschinen
- Schonung der Spindel, da die Drehrichtungs-umkehr vom Futter vorgenommen wird
- kürzeste Zykluszeiten, da die Spindel nicht beschleunigt oder verzögert werden muss; deshalb vor allem interessant für die Massenfertigung

Nachteile:

- aufwendige Technik
- hohe Instandhaltungskosten
- Drehmomentstütze erforderlich
- hohe Anschaffungskosten



Schrumpffutter, starres Spannzangenfutter, Weldon-Futter (v.l.n.r)

Vorteile:

- einfache, kostengünstige und robuste Ausführung
 - Schrumpffutter: sehr hohe Rundlaufgenauigkeit
- Nachteile:**
- nur auf synchronen Werkzeugmaschinen einsetzbar
 - aufgrund minimaler Steigungsunterschieden entstehen Axialkräfte, welche auf Werkzeugflanken wirken und die Standzeit reduzieren



Schrumpffutter, Spannzangenfutter und Weldon-Futter sind im Standard-Produktprogramm von Walter verfügbar.

Synchronbearbeitung beim Gewindebohren und formen

Um die Prozesszeiten beim Gewindebohren und -formen zu reduzieren, wird zunehmend mit höheren Drehzahlen und Schnittgeschwindigkeiten (HSC = High Speed Cutting) gearbeitet. Speziell zur Realisierung hoher Schnittgeschwindigkeiten empfiehlt sich die Synchronbearbeitung.

Das Synchrongewindeschneiden setzt eine Maschine voraus, welche die Drehbewegung der Hauptspindel und die Vorschubbewegung synchronisiert. Das Gewindewerkzeug führt sich nicht selbst über seine Geometrie, sondern wird allein durch den Vorschub und die Spindeldrehzahl der Maschine gesteuert. Heutzutage sind die meisten Bearbeitungszentren für die Synchronbearbeitung geeignet.

Grundsätzlich können alle Gewindebohrer- und -former synchron eingesetzt werden. Walter Prototyp bietet jedoch speziell für die Synchronbearbeitung konzipierte Werkzeuge mit der Bezeichnung Syncrospeed an. Kennzeichnend für diese Werkzeuggruppe sind der extrem hohe Flankentreiwinkel sowie der extra kurze Gewindedel. Werkzeuge der Familie Syncrospeed können ausschließlich synchron eingesetzt werden. Demgegenüber stehen die Werkzeuge der Eco Familie, welche sowohl synchron als auch konventionell sehr gute Ergebnisse erzielen.

Was ist das Besondere am Protoflex C?

Im Gegensatz zu konventionellen Synchron-Gewindeschneidfuttern basiert Protoflex C auf einem präzisen gefertigten Flexteil („Flexor“) mit hoher Federhärte, das Lageabweichungen im Mikrobereich radial wie axial ausgleicht. Der patentierte Mikrokompassator wird aus einer für die NASA entwickelten Speziallegierung hergestellt und zeichnet sich durch lange Lebensdauer und Wartungsfreiheit aus. Handelsübliche Synchronfutter verwenden hierfür Kunststoffteile, die mit der Zeit ihre Flexibilität verlieren. Ein Mikroausgleich ist dann nicht mehr gegeben.

Eine bessere Alternative ist das Gewindeschneidfutter Protoflex C mit Minimalausgleich. Protoflex C ist ein Gewindeschneidfutter für Bearbeitungszentren mit Synchronsteuerung. Es gewährleistet einen genau definierten Minimalausgleich und ist auf die Geometrie der Syncrospeed-Werkzeuge abgestimmt.

Was ist das Besondere am Protoflex C?

Die Druckkräfte auf die Gewindebohrerflanken werden bei Einsatz des Gewindeschneidfutters Protoflex C deutlich reduziert, dadurch ergeben sich:

- höhere Prozesssicherheit durch geringere Bruchgefahr – besonders bei kleinen Abmessungen
- längere Standzeit der Gewindewerkzeuge durch weniger Reibung
- eine bessere Oberflächenqualität an den Gewindeflanken

Für den Kunden bedeutet der Einsatz des Gewindeschneidfutters Protoflex C höchste Produktivität bei gleichzeitig reduzierten Werkzeugkosten, und zwar sowohl beim Gewindebohren als auch beim Gewindeformen.



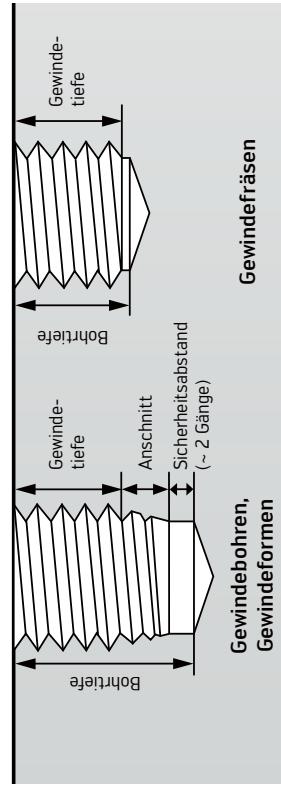
Synchrongewindeschneidfutter Protoflex C

Flexor mit Minimalausgleich

Hinweise zum Kernloch

Tiefe der Kernlochbohrung

Bohrtiefe \geq nutzbare Gewindetiefe (+ Anschlittlänge) + Sicherheitsabstand



Anmerkung:

Die eventuell vorhandene Spitze des Gewindewerkzeugs muss bei der Berechnung der erforderlichen Tiefe der Kernlochbohrung berücksichtigt werden. Dabei ist zwischen Vollspitze und abgesetzter Spitze zu unterscheiden. Gewindefräser haben im Vergleich

zu Gewindebohrern und -formern weder Anschlittbereich noch Spalte, weshalb Gewinde bis annähernd zum Bohrungsgrund möglich sind. Verschneiden ist beim Frässprozess ausgeschlossen, deshalb ist kein zusätzlicher axialer Sicherheitsabstand notwendig.

Durchmesser der Kernlochbohrung beim Gewindebohren und -fräsen

Faustformel:
Bohrungsdurchmesser = Nenndurchmesser - Steigung

Beispiel Abmessung M10
Bohrungsdurchmesser = 10,0 mm - 1,5 mm = 8,5 mm

Durchmesser der Kernlochbohrung beim Gewindebohren

Faustformel:
Bohrungsdurchmesser = Nenndurchmesser - f \times Steigung
– Toleranz 6H: f = 0,45
– Toleranz 6G: f = 0,42

Beispiel Abmessung M10
Bohrungsdurchmesser = 10,0 mm - 0,45 \times 1,5 mm = 9,325 mm = 9,33 mm

Spezielle Hinweise zum Gewindeformen

Anmerkung:

Der empfohlene Durchmesser der Kernlochbohrung ist auf dem Schaft von Walter Prototyp Gewindeformen aufgebracht.



Bei der Auswahl des Bohrwerkzeugs sind zusätzlich die in unten stehender Tabelle aufgeführten zulässigen Toleranzen der Kernlochbohrung zu beachten, um einen sicheren Formprozess und eine angemessene Standzeit zu gewährleisten.

Gewindesteigung	Toleranz Vorböhrdurchmesser
$\leq 0,3$ mm	$\pm 0,01$ mm
$> 0,3$ mm bis $< 0,5$ mm	$\pm 0,02$ mm
$\geq 0,5$ mm bis < 1 mm	$\pm 0,03$ mm
≥ 1 mm	$\pm 0,05$ mm

Aufgrund dieser Toleranzen, die im Vergleich zum Gewinde-schneiden enger ausfallen, ist das Gewindeformen nicht in allen Fällen wirtschaftlicher als das Gewindebohren.

Praxistipp:

Der Kerndurchmesser des Gewindes entsteht beim Gewindeformen während des Formprozesses und ist daher abhängig vom Fließverhalten des Materials. Im Gegensatz dazu ist der Kerndurchmesser beim Gewindebohren und -fräsen bereits durch die Kernloch-

Anmerkung:
Das Produktprogramm von Walter Titex ist auf die Vorböhrdurchmesser für Gewindebohren und -fräsen abgestimmt.

Randzonenaufhärtung

Oftmals wird die Gewindelerstellung als alleinstehender Prozess betrachtet. Dies ist nicht sinnvoll, da die vorhergehende Bohroperation erheblichen Einfluss auf das anschließende Gewinden hat.

Beim Bohren der Kernlochbohrung wird die Randzone des Werkstückmaterials durch mechanische und thermische Effekte beeinflusst. Die daraus resultierende Gefügeveränderung zeigen die beiden Mikroaufnahmen:



neuer Bohrer:
Randzone nahezu unverändert

verschlissener Bohrer:
Randzoneneinflussung



Die Härte der Randzone ist bei einem verschlissenen Bohrer deutlich höher als bei einem Neuwerkzeug. Auch die Verwendung hoher Schnittparameter beim Bohren führt zu einer Aufhärtung der Randzone. Obwohl diese Aufhärtung lediglich innerhalb eines sehr kleinen Abstands zur Bohrungsoberfläche auftritt, resultiert daraus eine erhebliche Reduktion der Standzeit des Gewindewerkzeugs (vgl. Beispiel unten).

Zusammenfassung:

- Die Standzeit des Gewinde- werkzeugs sinkt mit steigender Härte der Randzone.
- Die Härte der Randzone steigt mit zunehmendem Verschleiß des Bohrwerkzeugs sowie bei hohen Schnittparametern oder verrundeten Schneidekanten an.

Beispiel: Material C70, Bohrdurchmesser 8,5 mm, Bohrungstiefe 24,5 mm

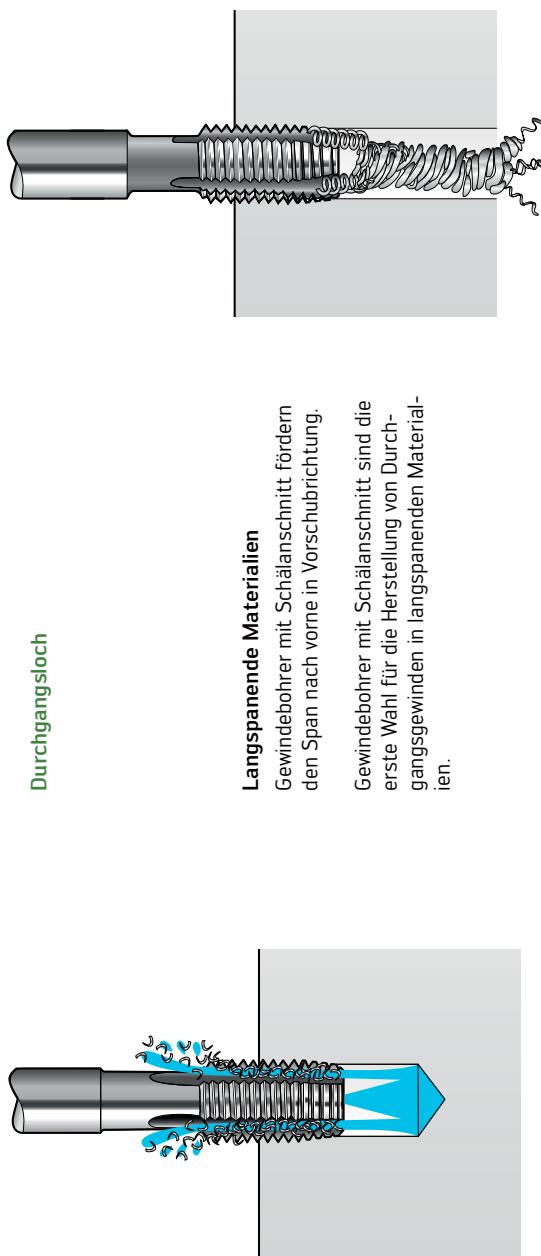
	verschlissener Bohrer	neuer Bohrer
Randzonenhärte	450 HV	280 HV
Randzonenbreite	0,005 mm	\approx 0
Standmenge Gewindbohrer	70 Gewinde	> 350 Gewinde

Praxistipp:

Bei Standzeitproblemen ist zusätzlich zum Gewindeherstellungsprozess auch der vorhergehende Bohrprozess sowie das Bohrwerkzeug selbst zu betrachten!

Grundtypen

Grundloch



Kurzspanende Materialien

Gerade genutzte Gewindebohrer fördern den Span nicht. Daher sind sie nur für kurzspanende Werkstoffe oder kurze Gewinde einsetzbar.

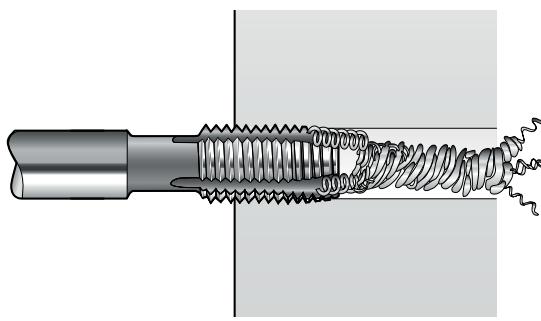
Anmerkung:

Ohne Innenkühlung sammeln sich die Späne im Grund der Bohrung. Ist der Sicherheitsabstand zu knapp bemessen, kann das Werkzeug auf die Späne auflaufen und brechen.

Verfügt der Gewindebohrer über eine axiale Kühlmitte zur Späneabfuhr, sind mit gerade genutzten Werkzeugen auch tiefere Gewinde möglich, da die Späne entgegen der Vorschubrichtung ausgespülpt werden. Voraussetzung ist allerdings, dass die Späne kurz gebrochen werden (z.B.: Paradur® HT, Gewindetiefe bis $3.5 \times D_N$).

Im Vergleich zu gedrallten Werkzeugen haben gerade genutzte Gewindebohrer eine höhere Standzeit.

Einige gerade genutzte Werkzeuge können auch für Durchgangslöcher in Materialien mit guten Spanbruch-eigenschaften eingesetzt werden (z.B. Paradur® Eco CI).

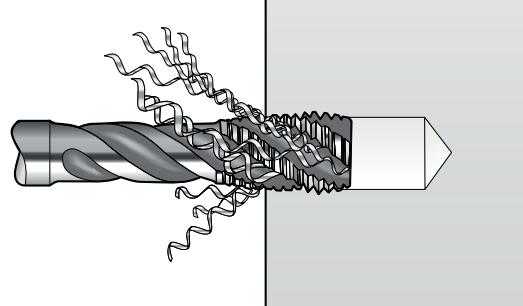


Langspanende Materialien

Gewindebohrer mit Schälanschnitt fördern den Span nach vorne in Vorschubrichtung. Gewindebohrer mit Schälanschnitt sind die erste Wahl für die Herstellung von Durchgangsgewinden in langspanenden Materialien.

Langspanende Materialien

Rechtsspiralige Gewindebohrer fördern den Span Richtung Schaft. Je zäher, bzw. langspanender der zu bearbeitende Werkstoff und je tiefer das Gewinde, desto höher der erforderliche Spiralwinkel.



Linksspiralige Gewindebohrer

(wie auch Gewindebohrer mit Schälanschnitt) fördern den Span nach vorne in Vorschubrichtung.

Sinnvoll sind Werkzeuge mit Linksspirale nur dann, wenn eine sichere Spanabfuhr mit einem Schälanschnitt nicht gewährleistet werden kann. Werkzeugbeispiel: Paradur® N des Typs 20411 und 20461

Anschliffformen in Anlehnung an DIN 2197

Bitte beachten Sie:

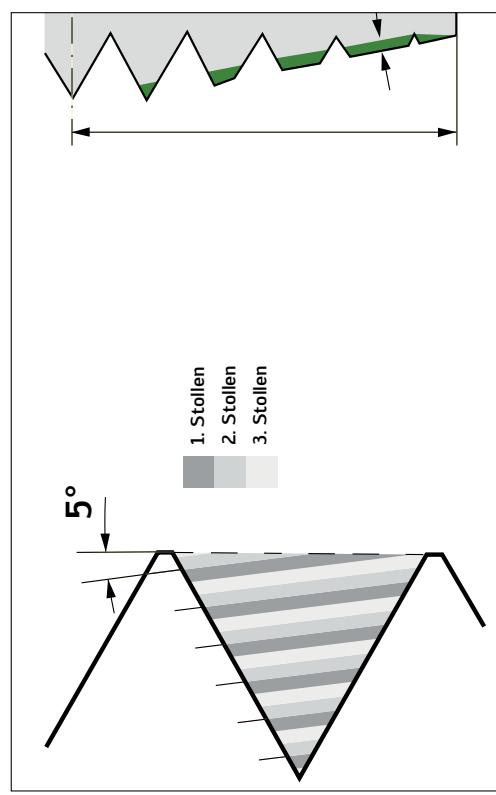
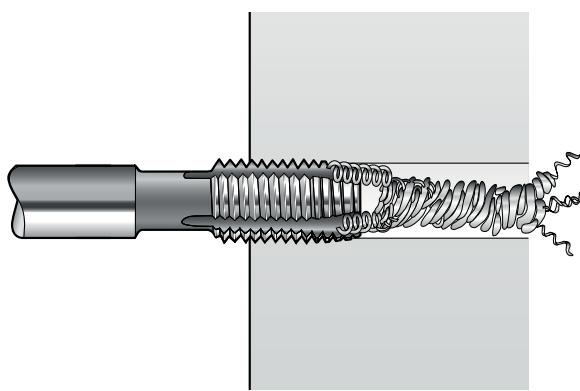
- längere Anschnitte erhöhen die Standzeit
- längere Anschnitte reduzieren die Schneidkantenbelastung, welche mit zunehmender Materialfestigkeit an Bedeutung gewinnt
- kürzere Anschnitte ermöglichen Gewinde bis annähernd zum Bohrungsgrund
- längere Anschnitte erhöhen das erforderliche Drehmoment

Form	Anzahl der Gänge im Anschnitt	Ausführung und Anwendung
A	6–8 Gänge	gerade genutet kurzspannende Werkstoffe kurze Durchgangsgewinde in mittel- und langspannenden Werkstoffen
B	3,5–5,5 Gänge	gerade genutet mit Schälanschnitt mittel- und langspannende Werkstoffe
C	2–3 Gänge	rechts gedrallt gerade genutet mittel- und langspannende Werkstoffe kurzspannende Werkstoffe
D	3,5–5 Gänge	links gedrallt gerade genutet langspannende Werkstoffe kurzspannende Werkstoffe
E	1,5–2 Gänge	rechts gedrallt gerade genutet kurzer Gewindeauslauf in mittel- und langspannenden Werkstoffen kurzer Gewindeauslauf in kurzspannenden Werkstoffen
F	1–1,5 Gänge	rechts gedrallt gerade genutet sehr kurzer Gewindeauslauf in mittel- und langspannenden Werkstoffen sehr kurzer Gewindeauslauf in kurzspannenden Werkstoffen

Für Durchgangsgewinde werden vorwiegend längere Anschliffformen verwendet.

Langer Anschnitt (z.B. Form B) bewirkt:

- erhöhte Standzeit
- großes Drehmoment
- kleiner Spanquerschnitt
- geringe Belastung der Anschnittzähne



Form B

Spanquerschnitte

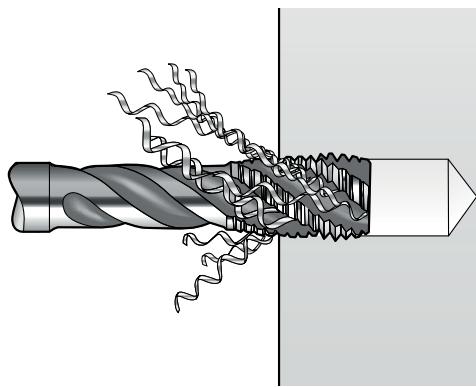
Bei Grundlochgewinden werden vorwiegend kürzere Anschnittformen gewählt, was nicht nur dadurch begründet ist, dass das Gewinde häufig bis zum Bohrungsgrund reichen soll.

Das Abscheren des Spanes beim Grundlochgewinde stellt ein gewisses Problem dar. Wenn der Span zu dünn wird, legt sich dieser beim Reversieren lediglich um und kann nicht mehr abgetrennt werden. Der Span wird zwischen Bauteil und Anschnitt-Freifläche gequetscht. Dies kann zum Werkzeugbruch führen, weshalb lange Anschnitte der Form A, B und D nicht für Grundlochgewinde geeignet sind, da diese Formen dünne Späne erzeugen.

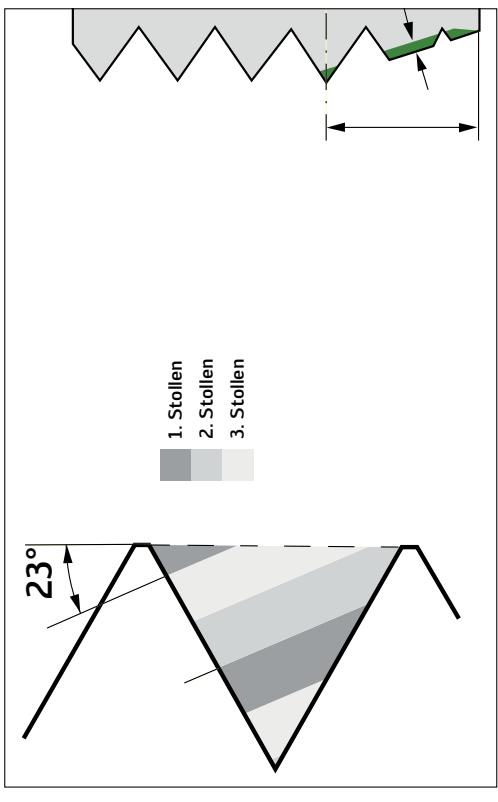
Ein Vorteil kurzer Anschnitte ist, dass zahlenmäßig weniger Späne entstehen. Zusätzlich wird der Spantransport durch den größeren Spanquerschnitt begünstigt.

Kurzer Anschnitt (z.B. Form E) bewirkt:

- kleines Drehmoment
- großer Spanquerschnitt
- große Belastung der Anschnittzähne
- reduzierte Standzeit
- optimierter Spantransport

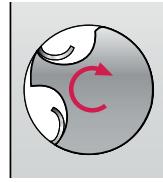


Form E

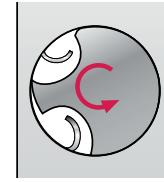


Schneidvorgang Grundlochgewinde

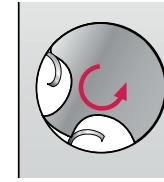
Der Gewindebohrer befindet sich noch im Schnitt und kommt zum Stillstand. Im Moment des Stillstands befinden sich alle Schneiden im Anschnitt noch im Spanprozess.



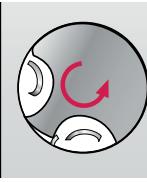
Das Umschalten auf Rücklauf ist bereits erfolgt. Die zuvor entstandenen Späne bleiben zunächst stehen. Das Rückdrehmoment an dieser Stelle ist annähernd Null.



Die Späne berühren den Rücken des nachfolgenden Schneidstollens. Hier steigt das Rückdrehmoment sprunghaft an. Der Span muss jetzt abgesichert werden. Da der Anschnitt des Gewindebohrers einen Freiwinkel hat und zudem beim Zurückdrehen der konische Anschnitt aus dem Gewinde axial herausläuft, kann der Span zwangsläufig nicht mehr direkt an der Spanwurzel erfasst werden. Deshalb ist eine gewisse Stabilität (Dicke) des Spanes erforderlich.



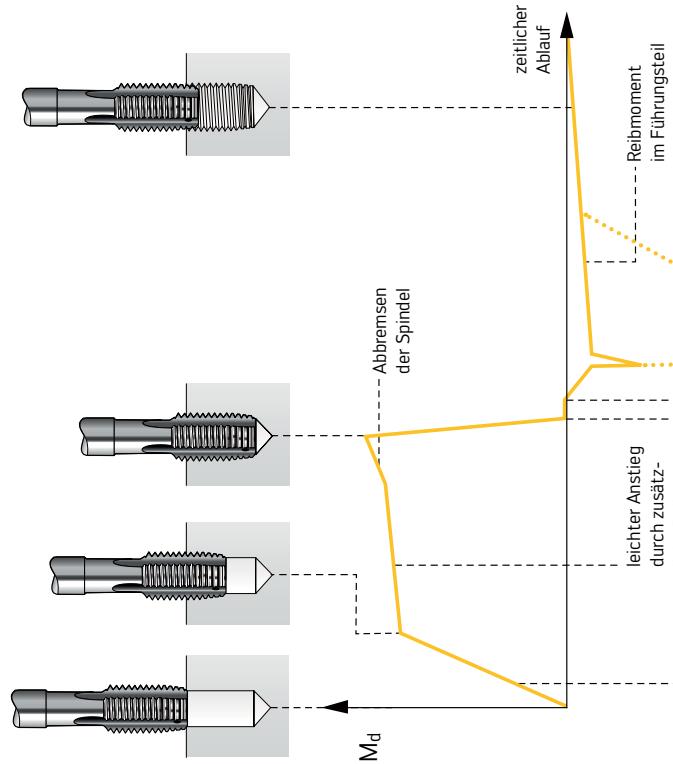
Der Span wurde abgesichert und das Rückdrehmoment reduziert sich auf die Reibung zwischen Führungsteil und geschnittenem Gewinde.



Anmerkung:
Durchgangsgewindebohrer können nicht für die Grundlochbearbeitung eingesetzt werden, da diese einen höheren Anschnittfreiwinkel aufweisen und der Span möglicherweise nicht abgesichert wird, sondern sich zwischen Anschnitt und Gewinde verklemmt. Dies kann zu Ausbrüchen im Anschnitt und im Extremfall zum Bruch des Gewindebohrers führen.
Der Anschnittfreiwinkel von Grundlochgewindebohrern ist daher immer geringer als der von Durchgangsgewindebohrern, da Grundlochgewindebohrer die Spanwurzel beim Reversieren abscheren müssen.

Schneidvorgang Grundlochgewinde

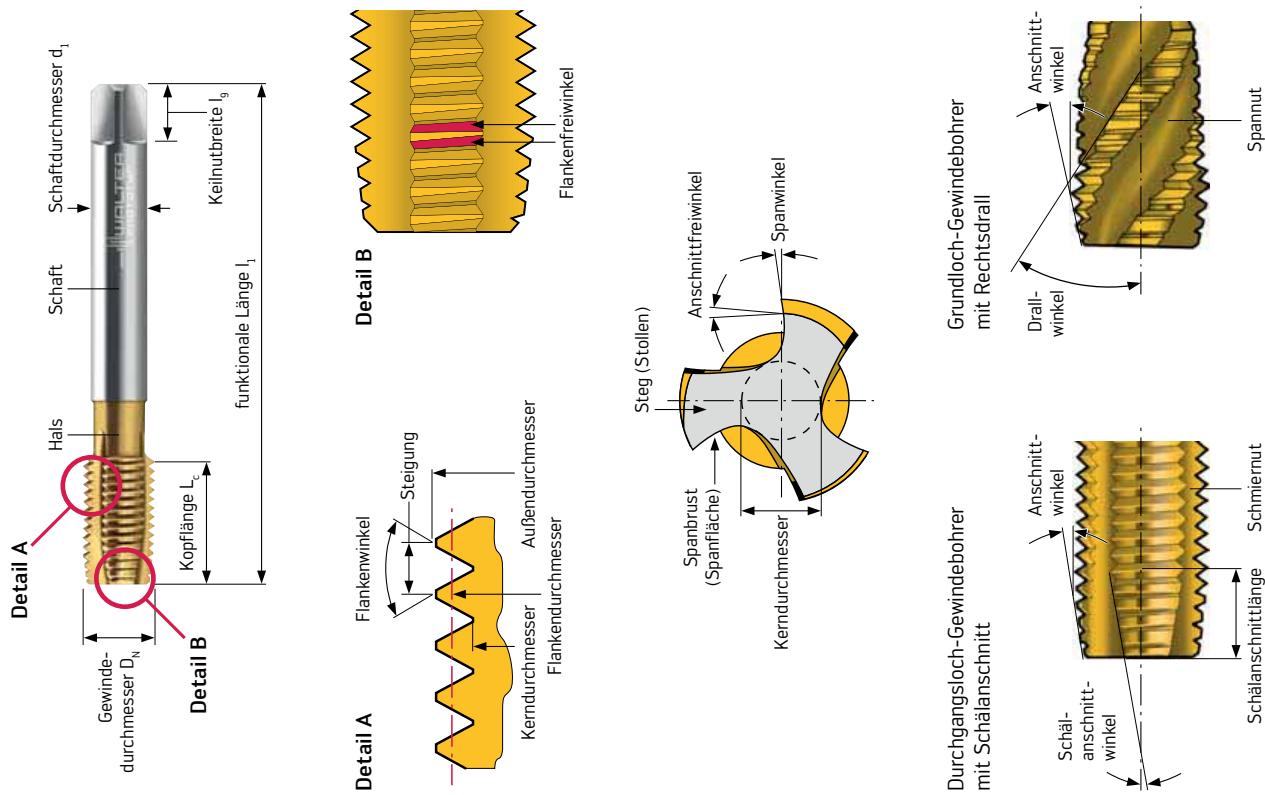
Drehmomentverlauf beim Gewindeschneiden eines Grundlochgewindes



Spindel hat Drehzahl Null erreicht, das Reversieren beginnt
leichter Anstieg durch zusätzliche Reibung im Führungsteil
Abbremsen der Spindel
hohe Drehmomentspitzen
deuten auf Probleme beim Abscheren des Spanes hin; es sollte ein Werkzeug mit geringerem Anschnittswinkel gewählt werden

Anschmitt dringt ein: starker Drehmomentanstieg
erster Kontakt des Restspans mit dem Rücken des nachfolgenden Schneidstollens

Winkel und Merkmale am Gewindebohrer

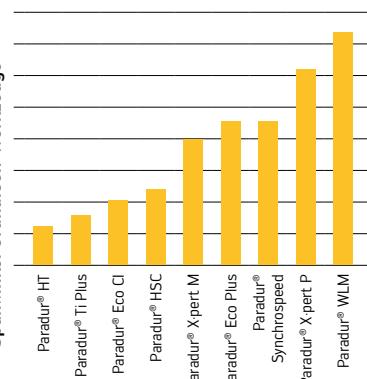


Geometriedatenvergleich

Ein kleinerer Spanwinkel:

- erhöht die Stabilität der Schneidkanten (bei großen Spanwinkeln können Ausbrüche im Bereich des Anschlusses auftreten)
- produziert in der Regel besser beherrschbare Späne
- erzeugt schlechtere Oberflächen am Bauteil
- erhöht die Schnittkräfte, bzw. das Schnittmoment
- ist für die Bearbeitung härterer Werkstoffe erforderlich
- erhöht die Neigung zum Zusammendrücken des zu bearbeitenden Materials, d.h. der Gewindebohrer schneidet sich weniger frei und macht dadurch etwas engere Gewinde

Spanwinkel Grundloch-Werkzeuge



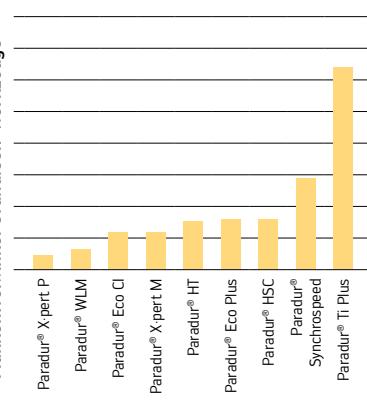
Flankenfreiwinkel:

Der Flankenfreiwinkel muss auf das zu bearbeitende Material abgestimmt sein. Werkstoffe mit höherer Festigkeit sowie Werkstoffe, die zum Klemmen neigen, erfordern einen höheren Flankenfreiwinkel. Mit erhöhtem Freiwinkel werden die Führungseigenschaften des Werkzeugs schlechter, weshalb es bei der Verwendung von Ausgleichsfüllfuttern zu Verschneiden in weichen Materialien kommen kann.

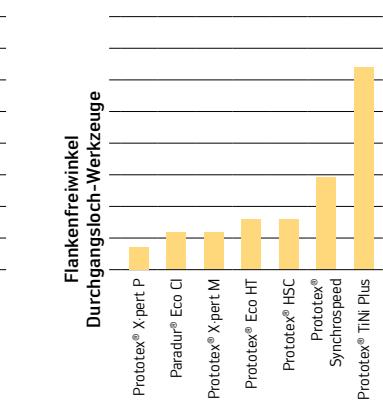
Praxistipp: Überprüfung des Flankenfreiwinkels

Ein Gewindebohrer sollte sich leicht in das zuvor geschichtete Gewinde eindrehen lassen, ohne dabei nachzuschneiden. Ist das nicht möglich, sollte eine Werkzeugtyp mit höherem Flankenfreiwinkel gewählt werden.

Spanwinkel Grundloch-Werkzeuge



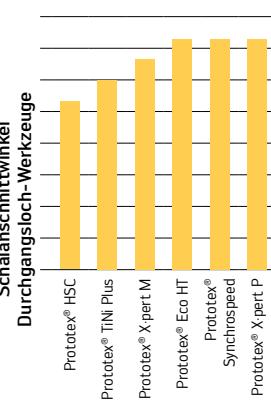
Flankenfreiwinkel Grundloch-Werkzeuge



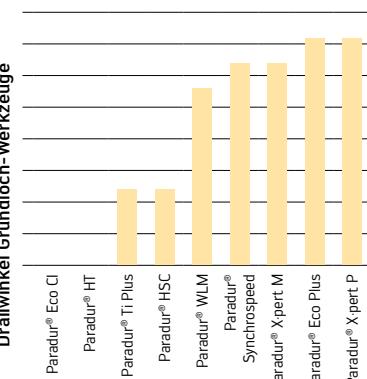
Flankenfreiwinkel

Der Schälanschnittwinkel ist begrenzt durch Anschlittlänge und Nutenzahl, da mit höherem Schälanschnittwinkel die Stollenbreite im ersten Gang des Anschliffs reduziert wird. Dies bedingt eine sinkende Stabilität der Schneide (die Gefahr von Ausbrüchen im Bereich des Anschlusses steigt an). Ein höherer Schälanschnittwinkel begünstigt allerdings die Spanabfuhr in Vorschubrichtung. Bei zu kleinen Schälanschnittwinkeln kann die Spanabfuhr problematisch werden. Abhilfe kann durch linksgeradlinige Werkzeuge geschaffen werden.

Durchgangsstichloch-Werkzeuge



Draillwinkel Grundloch-Werkzeuge



Ein höherer Draillwinkel:

- begünstigt die Spanabfuhr
- senkt die Stabilität des Werkzeugs und begrenzt dadurch das maximale Schnittmoment
- senkt die Stabilität der Zähne
- reduziert die Standzeit

Anschlittfreiwinkel:

Durchgangsgewindebohrer haben einen ca. 3-mal so großen Anschlittfreiwinkel wie Grundlochgewindebohrer. Begründung siehe Seite 80.

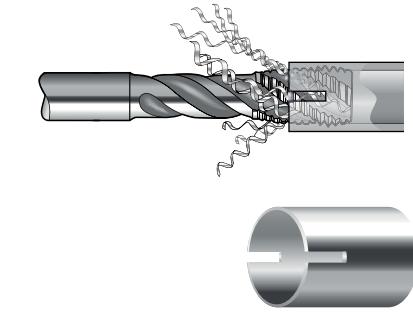
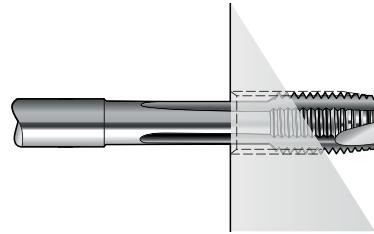
Besonderheiten beim Gewindebohren

Tiefliegende und tiefe Grundlochgewinde

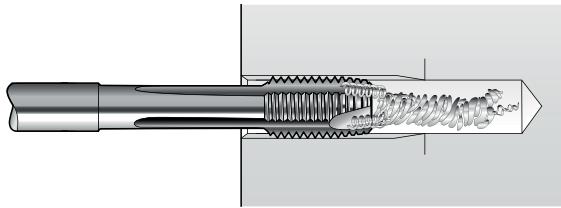
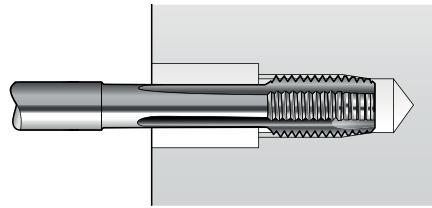
- nach Möglichkeit gerade genutete Gewindebohrer mit axialer Kühlmitteleinführung oder hochgedrallte Grundlochgewindebohrer mit blanker oder vaporisierten Spanbrust verwenden:
 - Paradur® HT (gerade genutzt)
 - Paradur® Synchrospeed mit Tin/vap-Beschichtung (gedrallt)
- für rostfreie Stähle und allgemein als Problemlöser empfehlen wir das Gewindeformen; für das Gewindebohren von rostfreien Stählen sind spiralförmige Gewindebohrer absolut erforderlich:
 - Gewindeformen: Protodyn® S Eco Inox
 - Gewindebohren: Paradur® Xpert M

Schräger Gewindeaustritt

- Gewindebohrer mit möglichst langem Führungsteil und maximaler Stabilität verwenden (z.B. Prototex® Xpert P, Prototex® Xpert M)
- Schrägen bis zu 30° relativ unproblematisch
- Alternative: Gewindefräsen



- ### Geschlitzte Gewinde
- geschlitzte Gewinde sollten mit hochspiraligen Werkzeugen bearbeitet werden:
 - Paradur® Xpert M
 - Paradur® Xpert P
 - Paradur® Eco Plus



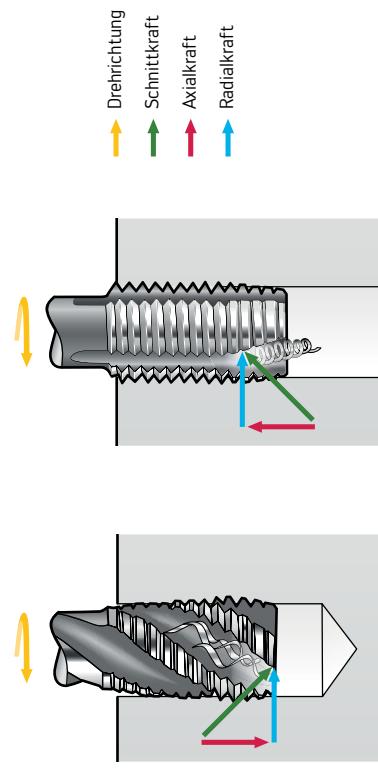
Gewinde mit wesentlich tieferer Kernlochbohrung als Gewindetiefe

- Durchgangsgewindebohrer mit modifiziertem Schälanschnitt verwenden:
 - Anschlittihinterschliff auf den Wert eines Grundlochgewindebohrers reduzieren
 - Anschlittlänge auf ca. 3 Gang kurzen
- Vorteil:** höhere Standzeit als hochspiralige Grundlochgewindebohrer
- Nachteil:** Späne verbleiben in Bohrung

- für kurzspanende Werkstoffe wie z.B. GG25 können auch gerade genutzte Werkzeuge ohne Schälanschnitt eingesetzt werden:
 - Paradur® Eco CI
- selbstverständlich können für diese Bearbeitung auch hochspiralige Grundlochgewindebohrer eingesetzt werden

Prozesskräfte beim Gewindebohren

Beim Gewindeschneiden treten werkzeugbedingte Axialkräfte auf. Rechtsgedrehte Gewindebohrer erfahren eine Axialkraft in Vorschubrichtung. Bei Gewindebohrern mit Schälanschnitt wirkt diese Kraft entgegen der Vorschubrichtung.



Prozesskräfte bei Gewindebohrern mit Schälanschnitt

Bei der Verwendung von Ausgleichsfuttern können diese Axialkräfte dazu führen, dass die Gewinde zu groß geschnitten werden – man spricht von axialem Verschneiden. Begünstigt wird das axiale



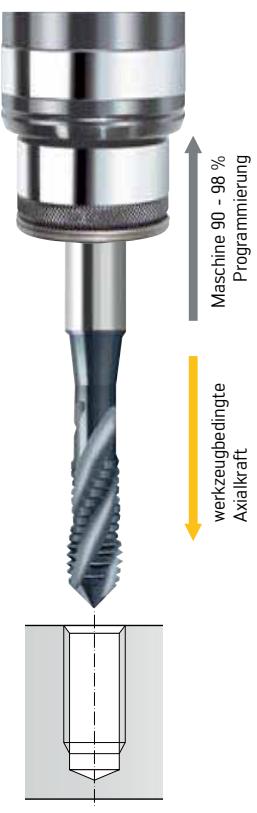
Axial verschneidenes Gewinde bei rechtsgedrehten Werkzeugen: Verschneiden auf der Flankenuntersseite

Für weitere Informationen zum Verschneiden sowie für Gegenmaßnahmen siehe Seite 91 (Probleme und Lösungen Gewindebohren).

Vorschubprogrammierung bei Verwendung von Ausgleichsfuttern

Bei der Verwendung von Gewindeschneidfluttern mit Längenausgleich müssen die bei der Bearbeitung auftretenden, werkzeugbedingten Axialkräfte beachtet werden.

Bei **spiraligen Grundlochgewindebohrern** entsteht eine Axialkraft in Vorschubrichtung. Dieser Kraft muss durch Minus-Programmierung entgegengewirkt werden.



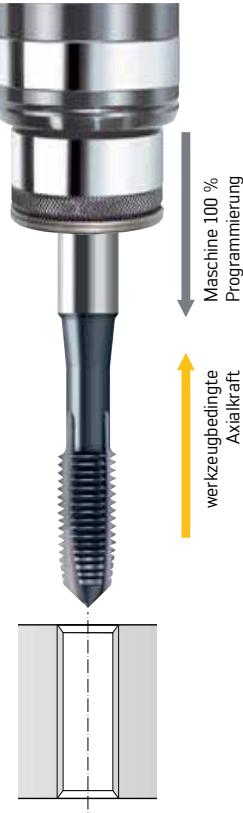
Die üblichen Vorschubwerte für diesen Bearbeitungsfall liegen zwischen 90 und 98 % des theoretischen Vorschubs. Der theoretische Vorschub lässt sich mit folgender Formel ermitteln:

$$V_f = n \times p$$

n = Drehzahl; p = Gewindesteigung

Verschneiden durch den Einsatz von hochspiraligen Werkzeugen mit hohem Flankenfreiwinkel in weichen Materialien oder durch unpassende Schneidkantenbehandlung.

Bei **links gedrallten Werkzeugen**, bzw. bei **Gewindebohren mit Schälanschnitt** drehen sich die Verhältnisse um – es entstehen Axialkräfte entgegen der Vorschubrichtung.



Hier empfiehlt sich die Programmierung des theoretischen Vorschubs.

Modifikationen

Negativfase (Secur Fase)	Verkürzter Anschnitt	Draillreduzierung im Anschliff	Gewinde abgeschrägt	Spanbrust blank
Spanbildung	Späne werden enger gerollt, kürzere Späne	Späne werden enger gerollt, weniger Späne	Späne werden enger gerollt, kürzere Späne	Späne werden enger gerollt, kürzere Späne
Standmenge			unbeschichtet: beschichtet: 	
Gewindequalität			unbeschichtet: beschichtet: 	
Spanungsdicke				
Drehmoment				
Anwendungsbeispiel	Vermeidung von Spänewicklern in Baustählen wie St52, C45, usw.	Gewinde bis nahe zum Bohrungsguss und verbesserte Spanbeherrschung	Optimierung der Spanbildung in Stählen und Aluminium	Optimierung der Spanbildung in Stählen, Kurbelwellenbearbeitung
Standardwerkzeuge mit der entsprechenden Modifikation	Paradur® Secur HSC Paradur® Prototex® HSC	alle Werkzeuge mit Anschliffform E/F	Paradur® Ni 10 Paradur® HSC	Paradur® Eco Plus Paradur® X-pert M Paradur® Synchrospeed (TiN-vap)
steigt bleibt unverändert sinkt sinkt stark				

Probleme und Lösungen

Spanbeherrschung:

Die Spanbeherrschung ist beim Gewindebohren von Grundlöchern, vor allem bei tiefen Grundlöchern in zähen, langspanenden Materialien, ein zentrales Thema. Probleme bei der Spanbeherrschung zeigen sich durch Späneknäuel, zufällig auftretende Drehmomentspitzen, Zahnausbrüche im Führungsteil und/oder Totalbruch.

Abhilfe:

Zur Optimierung der Spanbeherrschung können Standard-Gewindebohrer modifiziert* oder Neukonstruktionen erstellt werden:

- Anschleifen einer Drillreduzierung um kurze Späne zu erhalten
- Reduzierung des Spanwinkels um enger gerollte und kürzere Späne zu erhalten
- bei schwach gedrallten oder gerade genuteten Werkzeugen können oben genannte Maßnahmen kombiniert und durch axiale Kühlsmiermittelzufuhr ergänzt werden, wodurch das Ausspülun der kurzen Späne unterstützt wird; vor allem bei der Massenfertigung ist dies eine bewährte Methode zur Steigerung der Prozesssicherheit und Produktivität
- Aufschleifen der Spanbrust, bzw. blanke Drillreduzierung; dadurch werden gut beherrschbare Späne erzeugt
- TiN/TiCN-Beschichtungen durch THL ersetzen, da THL bessere Spanbildungseigenschaften aufweist; blanke oder vaporisierte Werkzeuge anstatt beschichtete verwenden
- Anschliff kürzen (Umarbeit) – es entstehen weniger und dicke Späne
- Nutenzahl reduzieren (Neukonstruktion), die Spandicke steigt an und die Stabilität des Werkzeugs wird erhöht
- Werkzeug mit Negativfase einsetzen (z.B. Paradur® Secur)

Grundsätzlich gilt:

Je höher die Materialfestigkeit und je geringer die Bruchdehnung des Werkstoffs, desto besser können die Späne beherrscht werden. Bei weichen Baustählen, niedrig legierten Stählen und bei rostfreien Stählen niedriger Festigkeit gestaltet sich die Spanbeherrschung am schwierigsten.

Verschneiden:

Die Geometrie von Gewindebohrern ist auf bestimmte Anwendungsfälle zugeschnitten. Bei unsachgemäßem Einsatz können Gewindebohrer zu großen Gewinde erzeugen – man spricht hierbei vom Verschneiden.

Anmerkung:

Weitgehend ausgeschlossen ist das Verschneiden beim Gewindeformen, Gewindefräsen und beim synchronen Gewindeschneiden.

Je mehr Einwirkungen auf die Spanbildung durch die zuvor genannten Maßnahmen erfolgen, desto schlechter wird die Qualität der Gewindeoberfläche. Daher sind die Maßnahmen unbedingt mit den Kundenanforderungen abzustimmen.

- Gewindeformen oder Gewindefräsen: Materialien, bei welchen die Spanbeherrschung beim Grundlochgewindebohren problematisch ist, lassen sich zumeist spanlos durch Formen bearbeiten. Ist Gewindeformen nicht zulässig, kann das Gewindefräsen als Problemlosung eingesetzt werden. Hier entstehen prozessbedingt kurze Späne.
- TN/TiCN-Beschichtungen durch THL ersetzen, da THL bessere Spanbildungseigenschaften aufweist; blanke oder vaporisierte Werkzeuge anstatt beschichtete verwenden
- Anschliff kürzen (Umarbeit) – es entstehen weniger und dicke Späne
- Nutenzahl reduzieren (Neukonstruktion), die Spandicke steigt an und die Stabilität des Werkzeugs wird erhöht
- Werkzeug mit Negativfase einsetzen (z.B. Paradur® Secur)

* Die Modifikationen sind auf Seiten 88 - 89 umfassend erläutert und anschaulich dargestellt.

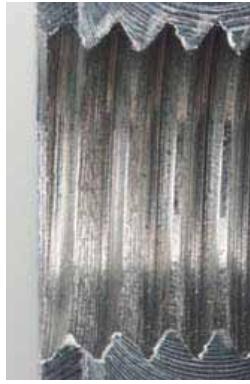
Gewindebohrer, die aus den zuvor genannten Gründen verschneiden, produzieren systematisch zu große Gewinde. Sporadisches Verschneiden kann auftreten, wenn auf das Werkzeug wegen eines Spänenstaus oder aufgrund von Materialaufschweißungen einseitige Radialkräfte wirken – man spricht hier von **radialem Verschneiden**.

Abhilfe:

- Synchronbearbeitung
- auf das Material abgestimmte Werkzeuge verwenden
- geeignete Beschichtung wählen (gegen radiales Verschneiden)
- Spanbeherrschung optimieren (gegen radiales Verschneiden)
- Gewindebohrer mit geringerem Drillwinkel verwenden
- Gewindebohrer mit Spezialbehandlung verwenden:
 - Paradur® Xpert P; Paradur® Eco Plus
 - Prototex® Xpert P; Prototex® Eco HT
- Gewindefräsen
- Gewindeformen



Axial verschnittenes Durchgangsgewinde



Axial verschnittenes Grundlochgewinde



Beispiel für Ausbrüche bei Problemen mit der Spanbeherrschung

Probleme und Lösungen

Gewindeoberfläche:

Die Gewindeoberfläche wird bestimmt durch:

- das Fertigungsverfahren: Schneiden, Formen, Fräsen
- den Verschleiß des Werkzeugs
- die Geometrie
- die Beschichtung
- den zu bearbeitenden Werkstoff
- das Kühlschmiermittel und dessen Verfügbarkeit im Funktionsbereich des Werkzeugs

Anmerkung:

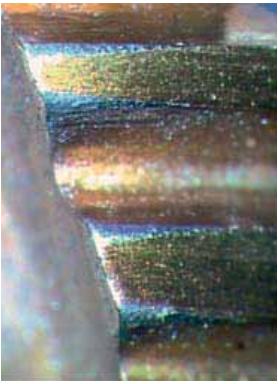
Beim Gewindedeschneiden und Gewindeformen hat man kaum eine Möglichkeit, die Oberflächengüte über die Schnittdaten zu beeinflussen. Im Gegensatz dazu können beim Gewindefräsen Schnitt- und Vorschubgeschwindigkeiten unabhängig voneinander gewählt werden.

Verschleiß:

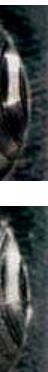
Eine hohe Härte sorgt für einen hohen Widerstand gegen Verschleiß und damit für eine hohe Standzeit. Eine Steigerung der Härte führt i.d.R. aber zu reduzierter Zähigkeit.

Bei kleinen Abmessungen und hochspiraligen Werkzeugen ist eine hohe Zähigkeit erforderlich, da ansonsten Totalbrüche auftreten können.

Bei Gewindeformern, gerade genuteten und schwachspiralisierten Werkzeugen sowie bei der Bearbeitung von abrasiven Materialien mit geringer Festigkeit kann die Härte des Werkzeugs i.d.R. problemlos erhöht werden.



Beispiel für abrasiven Verschleiß



Gewindebohrer mit TiCN-Schicht in AIS7



Gewindebohrer mit DLC-Schicht in AIS7



Beispiel für Aufschweißungen

Aufschweißungen am Werkzeug:

In Abhängigkeit vom zu bearbeitenden Material sind als Problemloser spezielle Beschichtungen und Oberflächenbehandlungen zu empfehlen:

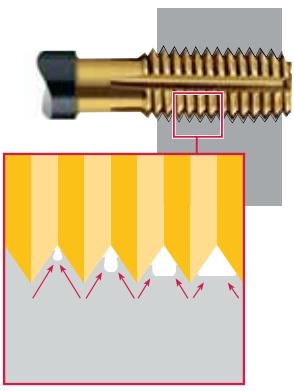
- Al und Al-Legierungen:
blank, CrN, DLC, WC/C
- weiche Stähle und rostfreie Stähle: vap
- weiche Baustähle: CrN

- Emulsion anreichern oder Öl anstelle von Emulsion verwenden
- Kuhlschmierstoff direkt dem Funktionsbereich zuleiten
- Werkzeug früher durch ein neues ersetzen

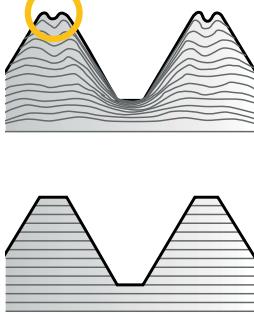
Einige der vorgeschlagenen Maßnahmen führen zwar zu einer Verbesserung der Oberflächenqualität, gehen aber mit einer Verschlechterung der Spanbeherrschung einher – was vor allem bei tiefen Grundlöchern problematisch ist. Auch hier gilt es wiederum einen Kompromiss unter Beachtung der Kundenanforderungen zu wählen.

Verfahrensgrundlagen

Das Gewindeformen ist ein Verfahren zur spanlosen Herstellung von Innengewinden durch Kaltumformung. Der Werkstoff wird durch Materialverdrängung zum Fließen gebracht. Dadurch wird ein eins sich verdichtendes Gewindeprofil erzeugt. Die beim Gewindebohren erforderlichen Spannuten können daher entfallen, was die Stabilität des Werkzeugs erhöht.

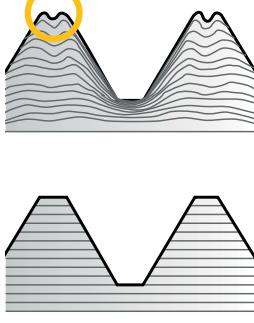
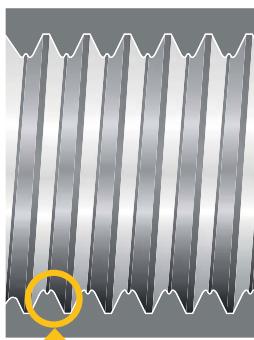


Durch Kaltverfestigung in Verbindung mit dem ununterbrochenen Faserverlauf von geformten Gewinden (vgl. Abbildung unten rechts) steigen sowohl die Ausreißfestigkeit bei statischer Belastung als auch die Dauerfestigkeit bei dynamischer Belastung deutlich an. Demgegenüber steht der unterbrochene Faserverlauf, wie er beim Gewindebohren und Gewindefräsen vorliegt (vgl. Abbildung unten links).



Prädestiniert ist das Gewindeformen für die Massenfertigung – also zum Beispiel für die Automobilindustrie. Aufgrund der spanlosen Herstellung von Gewinden in Verbindung mit der hohen Werkzeugstabilität durch das geschlossene Polygonprofil lassen sich äußerst sichere Prozesse umsetzen. Darüber hinaus können im Vergleich zum Gewindebohren oftmals höhere Schnittparameter bei gleichzeitig höheren Standzeiten realisiert werden. Im Vergleich zum Gewindebohren ist beim Gewindeformen ein ca. 30 % höheres Drehmoment erforderlich.

Scher Belastung deutlich an. Demgegenüber steht der unterbrochene Faserverlauf, wie er beim Gewindebohren und Gewindefräsen vorliegt (vgl. Abbildung unten links).



Es ist zu beachten, dass bei geformten Gewinden im Bereich des Kamms stets eine Formfalte entsteht. Deshalb ist das Gewindeformen nicht in allen Branchen zulässig. Konkrete Einschränkungen sind nebenstehend aufgeführt.

- Nahrungsmittelindustrie und Medizintechnik (Keimbildung im Bereich der Formfalte)
- automatische Bauteilverschraubung (Verklemmen der Schraube in der Formfalte möglich)
- im Flugzeugbau nicht zugelassen

Die verschiedenen Anschnittsformen sind bei unterschiedlichen Einsatzfällen sinnvoll:

- Form D, 3,5 - 5,5 Gang: Durchgangsgewinde
- Form C, 2 - 3,5 Gang: Grundloch- und Durchgangsgewinde
- Form E, 1,5 - 2 Gang: Grundlochgewinde

Ungefähr 65 % aller in der Industrie zu bearbeitenden Werkstoffe sind formbar. Die Grenzen sind unten stehend aufgezeigt:

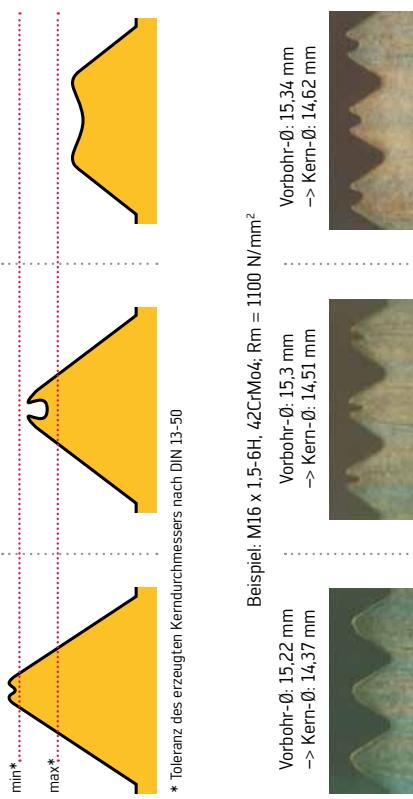
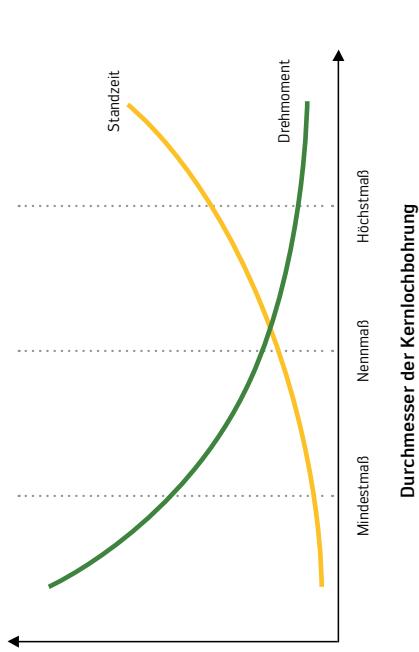
- spröde Werkstoffe mit Bruchdehnung kleiner als 7 % wie z.B.:
 - GG
 - Si-Legierungen mit Si-Anteil > 12 %
 - kurzspanende Cu-Zn-Legierungen
 - Duropaste
- Gewindesteigung > 3 mm (besonders wirtschaftlich ist das Formen bei Steigungen ≤ 1,5 mm)
- Zugfestigkeit > 1200 - 1400 N/mm²

Typische Materialien für das Gewindeformen sind:

- Stahl
- rostfreier Stahl
- weiche Kupferlegierungen
- Al-Knetlegierungen

Einfluss des Vorbohrungsdurchmessers

Der vorgebohrte Durchmesser des Kernlochs hat großen Einfluss auf den Gewindeformprozess. Zum einen wird das erforderliche Drehmoment sowie die Standmenge des Gewindeformers beeinflusst, zum anderen aber auch die Ausformung des Gewindes. Diese Zusammenhänge sind in der Grafik anschaulich dargestellt.



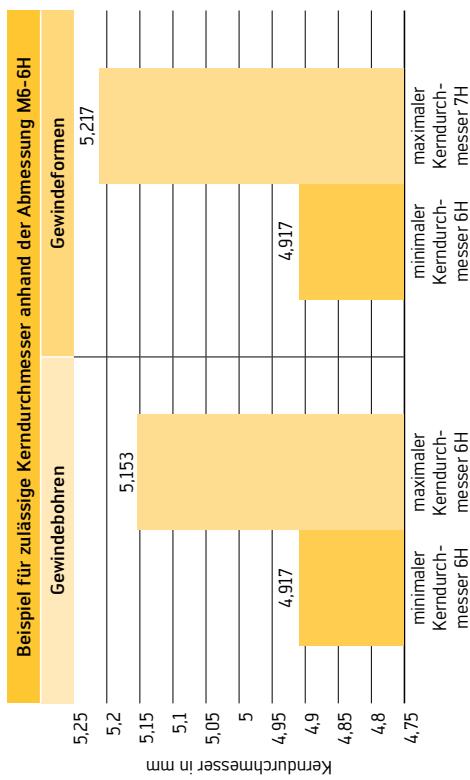
Beispiel: M16 x 1.5-6H, 42CrMo4, Rm = 1100 N/mm²



* Toleranz des erzeugten Kerndurchmessers nach DIN 13-50

Anmerkung: Abhängigkeit von Vorbohrdurchmesser und Gewinde-Kerndurchmesser:
Wird das Kernteil um 0,04 mm größer gebohrt, so vergrößert sich der Gewinde-Kerndurchmesser (nach dem Formen) um 0,08 mm – also um den Faktor 2.

Für geformte Gewinde sind nach DIN 13-50 größere Kerndurchmesser als beim Gewindebohren zulässig. So ist etwa bei einem geformten Gewinde der Toleranzklasse 6H zwar der minimale Gewinde-Kerndurchmesser der Toleranzklasse 6H einzuhalten, der maximale Gewinde-Kerndurchmesser ist jedoch an die Toleranzklasse 7H angelehnt. Dieser Zusammenhang ist im unten stehendem Diagramm anhand eines Beispiels dargestellt.



Praxistipp:
Vor allem in der Massenfertigung ist es lohnenswert, den Vorbohrdurchmesser zu optimieren. Hierbei gilt:
Der Vorbohrdurchmesser sollte so groß wie möglich und so klein wie nötig gewählt werden.
Je größer der Vorböhrdurchmesser, desto:

- höher die Standmenge des Werkzeugs
- leichter und sicherer der Formprozess
- geringer das erforderliche Drehmoment

 Es ist darauf zu achten, dass die Lehrenhaltigkeit des Gewindes erhalten bleibt!

Empfohlene Vorböhrdurchmesser können der Tabelle auf Seite 116 entnommen werden.

Modifikationen

grafische Darstellung	Wirkung	Nebeneffekt
	erhöhte Standmenge geringfügig erhöhte Taktzeit	
	Gewinde bis annähernd zum Bohrungsgrund und geringfügig kürzere Taktzeit	sinkende Standmenge
	verbesserte Kühl- und Schmierbedingungen (für tiefe Gewinde und anspruchsvolle Materialien)	höhere Werkzeugkosten
	bessere Kühl- und Schmierbedingungen (nicht so effizient wie radiale Kühlmittelaustritte)	–
	Bearbeitung schwer zugänglicher Stellen möglich	eventuell höhere Werkzeugkosten

Grundsätzlich ist das Gewindeformen äußerst prozesssicher. Vor allem bei tiefen Grundlöchern in weichen oder zähnen Materialien, bei denen beim Gewindebohren am ehesten Probleme mit der Spanabfuhr auftreten, kommen die Vorteile des Gewindeformens voll zum Tragen. Daher ist das Gewindeformen selbst als echter „Problemlöser“ zu betrachten.

Es ist ein technisch schöner Zufall, dass gerade diejenigen Materialien, welche am häufigsten Spannprobleme verursachen – wie z.B. Si52, 16 MnCr5, C15 – gut geformt werden können.

Gewindeformen ist auch dann vorteilhaft, wenn eine sehr hohe Oberflächengüte gefordert wird. Die Rautiefe von geformten Gewinden sind i.d.R. wesentlich niedriger als die von geschnittenen.

Trotz der Vorteile, die durch das spanlose Herstellen von Gewinden entstehen, sind auch beim Gewindeformen gewisse Punkte zu beachten, um einen sicheren Prozess zu gewährleisten:

- der Vorbohrdurchmesser ist im Vergleich zum Gewindebohren enger toleriert (z.B. bei M6 ± 0,05 mm)
- es dürfen keine Späne vom Bohren im Kernloch zurückbleiben, dies kann durch Spiralbohrer mit Innenkühlung, bzw. durch Gewindeformer mit axialem Kühlmittelaustritt sichergestellt werden; im letzteren Fall sollte der Gewindeformer vor dem Formen für kurze Zeit über dem Kermloch positioniert werden
- das erforderliche Drehmoment ist beim Gewindeformen höher als beim Gewindebohren; gegebenenfalls ist daher der Futtereinstellwert zu erhöhen

Anmerkung:
Walter Prototyp ist in der Lage, die Anforderungen der Automobilhersteller mit Sonderprofilen sicher umzusetzen.

Probleme und Lösungen

Verfahrensgrundlagen

Grenzfälle des Gewindeformens:

Es fällt schwer klare Grenzen für das Formen anzugeben, da es immer Ausnahmen gibt, bei denen Grenzen erfolgreich überschritten wurden – oder aber erst gar nicht erreicht wurden.

– Zugfestigkeit

Je nach Werkstoff und Schmierbedingungen liegt die Grenze bei ca. 1200 N/mm². Es sind jedoch Fälle bekannt, in denen rostfreier Stahl mit HSS-E-Gewindeformern und das als schwerzerspanbar geltende Inconel 718 mit VHM-Gewindeformen gut geformt werden konnten. Beide Materialien hatten eine Festigkeit von ca. 1450 N/mm².

– Bruchdehnung

Im Allgemeinen wird ein Mindestwert für die Bruchdehnung von 7 % angegeben. Allerdings sind auch hier Fälle bekannt, in denen z.B. G66-70 mit nur etwa 2 % Bruchdehnung geformt wurde. Augenscheinlich waren in diesem Fall jedoch winzige Risse in den Flanken erkennbar, welche vom Anwender akzeptiert wurden. In solchen Fällen sollte aber nicht mit einer erhöhten Festigkeit durch das Formen ausgegangen werden.

– Steigung und Gewindeprofil

Bei Steigungen größer 3 bis 4 mm müssen die Grenzen für die oben genannten Zugfestigkeiten nach unten korrigiert werden. Gewindearten mit steilen Flanken (z.B. 30° bei Trapezgewinden) sind im Einzelfall zu untersuchen.

– Si-Gehalt

AlSi-Gusslegierungen können geformt werden, wenn der Silizium-Anteil nicht über 10 % liegt. Auch hier sind jedoch Fälle bekannt, in denen der Si-Gehalt bei 12-13 % lag. Allerdings sind dann

Abstriche in der Oberflächenqualität sowie bei der Außerbefestigkeitkeit des Gewindes hinzunehmen.

– Formfalte

Die unweigerlich auftretende Formfalte am Kamm des Gewindes kann dann zum Problem werden, wenn Schrauben automatisiert eingedreht werden. Die ersten Gewindegänge fädeln sich bisweilen in die Formfalte ein. Auch bei Komponenten für die Lebensmittelindustrie und Medizintechnik werden geformte Gewinde vermieden, weil Verunreinigungen in der Formfalte durch Wäscheln nicht zuverlässig beseitigt werden können.

Anmerkung:

Walter Prototyp ist in der Lage, Sonderwerkzeuge auszulegen, bei welchen die Formfalte unter bestimmten Voraussetzungen geschlossen werden kann. Es sind Fälle bekannt, bei denen Kunden deshalb das Gewinde deformen entgegen ihrer ursprünglichen Haltung zugelassen haben.

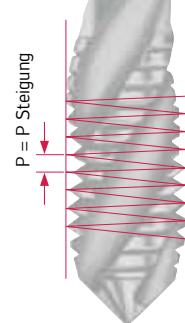


- Luftfahrtindustrie
In der Luftfahrtindustrie ist das Gewindeformen nicht zugelassen. Gefügeveränderungen, wie sie beim Gewindeformen oder Schweißen auftreten, werden hier grundsätzlich vermieden.

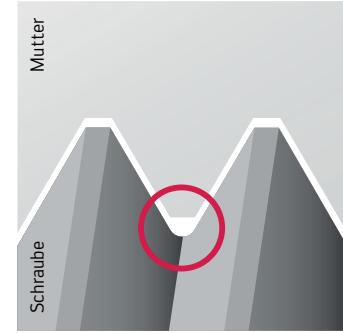
Grundlegende Aspekte des GewindefräSENS:

- Werkzeugmaschine mit 3D-CNC-Steuerung ist erforderlich (ist heute weitgehend Standard)
- konventionelles GewindefräSEN ist bis ca. 2,5 × D_N Tiefe möglich. Orbital-GewindefräSEN bis ca. 3 × D_N Tiefe

Im Gegensatz zum Gewindebohren- und formen wird beim GewindefräSEN die Steigung durch die CNC-Steuerung erzeugt.



Gewindebohren: Die Gewindesteigung P wird vom Gewindebohrer/-former erzeugt.



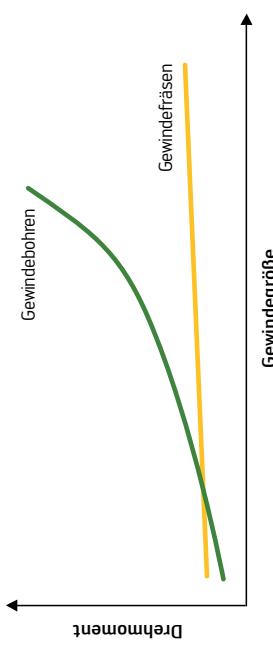
GewindefräSEN: Die Gewindesteigung P wird von der CNC-Steuerung (Zirkularprogramm) erzeugt.

Theoretisch könnte ein Innengewindefräser auch zur Herstellung eines Außengewindes eingesetzt werden. Die so erzeugten Gewinde entsprechen allerdings nicht der Norm, da Außen Gewinde zur Minimierung der Kerbwirkung im Kern ver rundet sind und der Außen Durchmesser zu klein erzeugt wird.

Da der Gewinde-Lehrring das Gewinde am Flankendurchmesser prüft, bleibt die Lehrhaptigkeit jedoch erhalten.

Verfahrensgrundlagen

Mit zunehmender Gewindegroße steigt das erforderliche Drehmoment im Gegen- satz zum Gewindebohren und -formen beim Gewindefräsen nur moderat an.



Das Gewindefräsen ist ein äußerst prozesssicheres Herstellungswerkzeug. Es entstehen generell kurze Späne, weshalb die Spanabfuhr kein Problem darstellt. Für das Gewindefräsen sind

Es ist zwischen zwei grundsätzlichen Fräsprozessen zu unterscheiden:

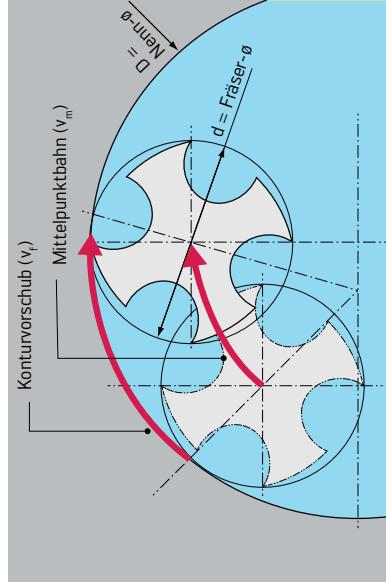


Gegenlauffräsen
(Beim Rechteckgewinde von oben nach unten)
Das Gegenlauffräsen wird bevorzugt bei der Bearbeitung von gehärteten Materialien oder zur Abhilfe gegen komische Gewinde eingesetzt.

Anmerkung:
Walter GPS ermittelt automatisch den richtigen Prozess für den jeweiligen Bearbeitungsfall und beachtet dabei sowohl werkzeugspezifische als auch bearbeitungsspezifische Details.

Daher können auch große Gewinde auf Maschinen mit geringerer Antriebsleistung gefertigt werden.

Vorschubkorrektur
Da das Gewinderäsen auf einer Kreishahn stattfindet, und so die Schneide einen größeren Weg als das Werkzeugzentrum zurücklegt, muss zwischen Konturvorschub und Werkzeugmittenvorschub unterschieden werden. Da der Werkzeugmittenvorschub immer auf den Werkzeugmittelpunkt bezogen ist, muss der Fräsvorschub reduziert werden.



Anmerkung:
Beim Bolzengewinderäsen sind die Verhältnisse genau umgekehrt.

Praxistipp:
Um festzustellen, ob die Werkzeugmaschine den Vorschub automatisch korrigiert, kann das Programm beim Einfahren ohne Arbeitseingriff getestet werden. Ein Vergleich der tatsächlichen Zykluszeit mit der von Walter GPS ermittelten Zeit zeigt an, ob der Vorschub im CNC-Programm angepasst werden muss.

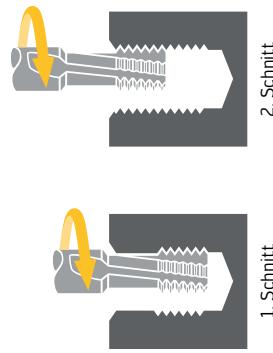
Walter GPS nimmt diese Reduktion bei der Erstellung des CNC-Programms automatisch vor. Manche CNC-Steuerungen reduzieren den Vorschub aus dem gleichen Grund ebenfalls automatisch. Die Reduzierung des Vorschubs auf der Kreisbahn muss dann im CNC-Programm mit einem entsprechenden G-Befehl deaktiviert werden. Ob die Maschine den Vorschub automatisch korrigiert, kann durch einen Vergleich der von GPS berechneten Zykluszeit mit der tatsächlichen Zykluszeit bestimmt werden.

Gleichlauffräsen
(Beim Rechteckgewinde von unten nach oben)
Gleichlauffräsen erhöht die Standzeit und begünstigt jedoch die Konizität von Gewinden.

Verfahrensgrundlagen

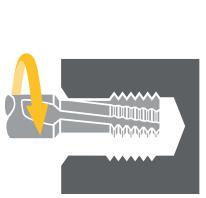
Zur Reduzierung der auf das Werkzeug einwirkenden Radialkräfte können Schnittaufteilungen vorgenommen werden:

Axiale Schnittaufteilung

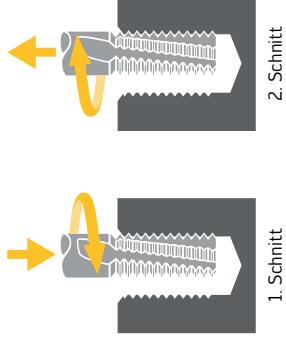


Anmerkung:
Bei der axialen Schnittaufteilung ist darauf zu achten, dass der Gewindefräser immer um ein Vielfaches der Steigung versetzt wird.

Aufgrund der Schnittkräfte ist es normal, dass ein Gewindefräser am Schaft weniger abgedrängt wird, als an der vorderen Schneidekante. Dies führt zu konischen Gewinden. Bei einem konventionellen Gewindefräser muss daher bei der Stahl-

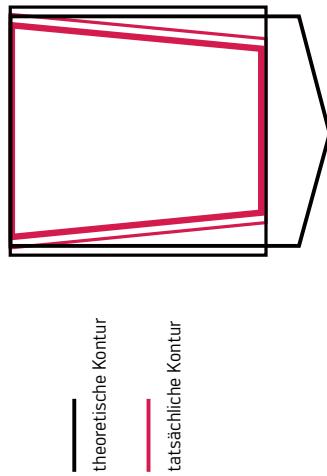


Radiale Schnittaufteilung



- Vorteile:**
- größere Gewindetiefen herstellbar
 - reduzierte Gefahr eines Werkzeugbruches
 - auch bei relativ labiler Aufspannung ist Gewindefräsen möglich
 - wirkt konischen Gewinden entgegen
- Nachteile:**
- erhöhter Werkzeugverschleiß
 - höhere Fertigungszeit

bearbeitung pro mm Gewindetiefe mit einer Konizität von ungefähr 1/1000 mm gerechnet werden. Dies ist durch die auf den Gewindefräser einwirkenden Radialkräfte begründet.



Anmerkung:

Alternativ können auch Orbital-gewindefräser (TM0) eingesetzt werden, welche zylindrische Gewinde bis zum Bohrungsguss erzeugen.

Oben genannte Maßnahmen erhöhen zwar die Zykluszeit, sind in manchen Fällen jedoch unvermeidbar, falls die Lehrhaltigkeit der Gewinde anders nicht gewährleistet werden kann. Vor allem bei eng tolerierten Gewinden sowie bei schwierig zu bearbeitenden Materialien (wie z.B. Inconel) ist diese Konizität problematisch für die Lehrhaltigkeit der Gewinde.

Um diesem physikalischen Gesetz entgegenzuwirken, ist die Geometrie von Gewindefräsern bereits leicht konisch ausgeführt. Bei erschwerten Bearbeitungsbedingungen kann es trotzdem erforderlich sein, Abhilfe durch eine der folgenden Maßnahmen zu schaffen:

- (mehrfache) radiale Schnittaufteilung
- alle radialen Schnitte im Gegenlauf ausführen
- am Ende des Prozesses einen Leer-schnitt ohne zusätzliche Zustellung fahren

Profilverzerrung

Aufgrund des diagonalen FräSENS im Steigungswinkel wird das Gewindeprofil des Werkzeugs verzerrt, auf das Bauteil



Keine Steigung – Keine Profilverzerrung

Anmerkung:

Je mehr sich der Fräserdurchmesser dem Gewinde-Nenndurchmesser annähert und je höher die Steigung, desto ausgeprägter ist die Profilverzerrung.

Um lehranhaltige Gewinde zu erzeugen, sind folgende Regeln zu beachten:

Gewinde metrisch:

Fräserdurchmesser $\leq \frac{2}{3} \times$ Gewinde-Nenndurchmesser

Gewinde metrisch fein:

Fräserdurchmesser $\leq \frac{1}{4} \times$ Gewinde-Nenndurchmesser

Beispiel Profilverzerrung bei Gewinde M18 x 1,5

Durchmesser Gewindefräser in mm	Flankenversatz durch Profilverzerrung in mm
16	0,0386
14	0,0167

Mit kleinen Gewindefräsen lassen sich theoretisch beliebig große Gewinde herstellen. Die Standmenge sinkt jedoch mit steigender Gewindegröße, und auch die

Anmerkung:

Sondergewinde sowie Gewinde mit geringen Flankenwinkeln bedürfen aufgrund der Profilverzerrung einer Überprüfung hinsichtlich der technischen Machbarkeit.

CNC-Programmierung

CNC-Programmierung mit Walter GPS
Grundsätzlich wird empfohlen, das CNC-Programm mit Walter GPS zu erzeugen. Dies ist absolut sinnvoll, da GPS im Gegensatz zu vorgefertigten Maschinenzyklen die Stabilität des Werkzeugs einberechnet und bei etwaiger Überlastung des Werkzeugs eine Reduzierung der Schnittdaten oder eine radiale Schnittaufteilung vorsieht.

Anmerkung:

Es ist vorteilhaft, eine radiale Schnittaufteilung bei gleichbleibendem Zahnvorschub vorzunehmen, anstatt einen Schnitt zu wählen und den Zahnvorschub herabzusetzen. Bei einem zu geringen Zahnvorschub verschleift die Schneide nämlich überproportional.

Walter GPS ermöglicht es, selbst unerfahrenen Anwendern ein Gewindefräspogramm für 7 verschiedene Steuerungen sicher und einfach zu erstellen. Im Gegensatz zum Vorgänger CCS wurde die Handhabung deutlich erleichtert. Darüber hinaus wird automatisch die wirtschaftlichste Strategie zur Herstellung des Gewindes vorgeschlagen.

Comment	Code
Tool radius preselecting	T01 G01 R=0.045 mm
Tool ball in	01 M6 T
Selection of working plane	02 G90 G17
Spindle on	03 S5640 M3
2 mm above workspace surface on feedrate of thread	04 G00 X0.000 Y0.000 Z22.000
Start incremental programming	05 G01
Move to required depth on template of the predrilled hole	06 G00 Z-17.375
Set approach path for entry loop	07 G41 G01 X0.000 Y3.750 F1450
Move to the contour starting point	08 G03 X0.000 Y-5.750 Z-20.375 I0.000 J-4.375 K-17.376
Thread milling	09 G03 X0.000 Y0.000 Z-21.500 I0.000 J-0.000 F363
Move out of the contour	10 G03 X0.000 Y8.750 Z-20.375 I0.000 J4.375
Retrace to centreline	11 G40 G01 X0.000 Y-3.750
Retract from thread	12 G00 Z15.125
Start absolute programming	13 G90

übertragen. Diese sogenannte Profilverzerrung ist unten stehend anhand eines anschaulichen Beispiels dargestellt.



Steigung P = 12 – Profilverzerrung vorhanden

Grundsätzlich wird empfohlen, das CNC-Programm mit Walter GPS zu erzeugen. Dies ist absolut sinnvoll, da GPS im Gegensatz zu vorgefertigten Maschinenzyklen die Stabilität des Werkzeugs einberechnet und bei etwaiger Überlastung des Werkzeugs eine Reduzierung der Schnittdaten oder eine radiale Schnittaufteilung vorsieht.

Jede Programmzelle ist mit Kommentaren versehen, so dass die Bewegungen der Maschine stets nachvollziehbar sind (verschiedene Sprachen wählbar). Unterliegend ein Beispiel für ein CNC-Programm zum Fräsen eines Innen gewindes auf einer Steuerung nach DIN 66025.

CNC-Programmierung

Der Programmierradius „Rprg“

Der Programmierradius – abgekürzt Rprg. – stellt eine wichtige Größe für das Einrichten dar. Der Rprg. wird auf Basis des Flankendurchmessers des Gewindefräzers berechnet und ermöglicht das sofortige Herstellen lehrenhaltiger Gewinde. Das Herantasten an den Korrekturwert entfällt. Der Rprg. kann vom Schaft des Werkzeugs abgelesen werden und ist beim Rüsten der Maschine bei der Erstellung des CNC-Programms in die Werkzeugtabelle der CNC-Steuerung einzugeben.

Der Rprg. ist so definiert, dass bei der Verwendung im CNC-Programm rechnerisch das Kleinstmaß der Gewindetoleranz erreicht wird. Erstellt man das CNC-Programm mittels GPS, wird ein Korrekturmaß angezeigt, mit welchem die Toleranzmitte der gewählten Gewindetoleranz erreicht werden kann. Das Korrekturmaß muss vom Rprg. subtrahiert werden, anschließend ist der korrigierte Rprg. in die CNC-Steuerung einzugeben.



Modifikationen

grafische Darstellung	Modifikation	Effekt
	Senk- und Planstufe	Senkung und Planstufe in einem Werkzeug
	Kühlhut am Schaft	gezielte Kühlung ohne Schwächung des Werkzeugquerschnitts im Schneidbereich
	radiale Kühlmittelaustritte	gezielte Kühlung bei Durchgangsgewinden
	Gewindegänge entfernt	reduzierte Schnittkräfte aber längere Bearbeitungszeit, da zwei Umläufe erforderlich
	Entgratschneide	Entfernen des unvollständigen Gewindegangs am Gewindeeinsatz ohne zusätzlichen Arbeitsgang
	erstes Gewinderprofil stromseitig verlängert	Anfasen der Kernlochbohrung
	Hals einschleifen	ermöglicht axiale Schnitttaufteilungen – sinnvoll für tiefe Gewinde

Probleme und Lösungen

Problemstellung	Schneidparameter			Werkzeugwahl			Lehrenhaltigkeit		
	Rattemarken	Stanzzeit geringe Ausbeute-	Schniedikantern- ausbruch	Konische Gewinde	Werkzeugbruch	fz in [mm/Zahn]	v _c in [m/min]	Programmierung	Gleichlauf
Gegenlauf	-	-	-	✓	Q	Q	Q	Q	Q
Schnittaufteilung	-	-	-	✓	✓	Q	Q	Q	Q
Programmerrad. [Rprg.]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kühlung	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Aufspannung	Q	+	+	Q	Q	Q	Q	Q	Q
Vorbohrdurchmesser	Q	+	Q	Q	Q	Q	+	Q	Q
Spanabfuhr	Q	+	+	Q	Q	Q	+	Q	Q
Stabilität/Geometrie	Q	+	+	Q	Q	Q	+	Q	Q
Auskraglänge	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Draillwinkel	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Beschichtung	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rundlaufgenauigkeit	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q

TMO – Spezialisten für komplexe Aufgaben:

Werkzeuge der Familie TMO können oftmals als Problemöser herangezogen werden. Etwa wenn tiefe Gewinde hergestellt werden müssen, gehärtete Materialien zu bearbeiten sind oder aber wenn konventionelle Gewindefräser konische Gewinde erzeugen. Nähere Informationen dazu auf Seite 36 und 102 - 105.

Konische Gewinde:

Erläuterungen und Lösungen zum Problem sind auf Seiten 102 - 105 zu finden.

Anmerkung:

Die Verwendung von Werkzeugen der Familie TMO ist eine technisch sehr gute Alternative, um zylindrische Gewinde zu erzeugen.

Kühlung und Schmierung:

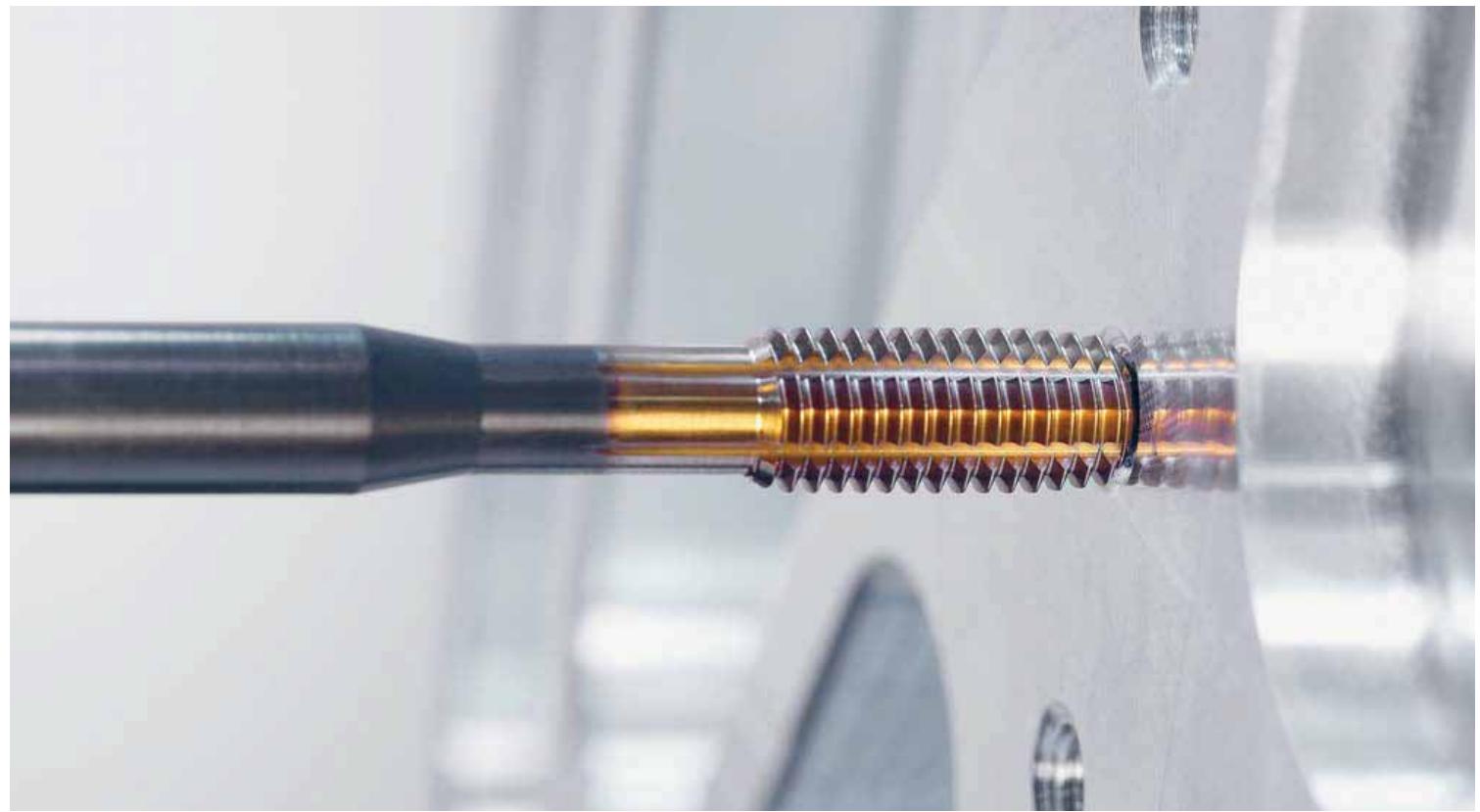
Probleme, die durch Kühlung und Schmierung bedingt sind, sowie die entsprechenden Abhilfemaßnahmen sind auf Seite 59 beschrieben.

Hartbearbeitung:

- nur speziell für die Hartbearbeitung geeignete Werkzeuge verwenden (TMO HRC und Gewindefräser Hart 10)
- Bearbeitung möglichst im Gegenlauf (siehe Empfehlung Walter GPS)
- größten, erlaubten Vorbohrdurchmesser wählen
- bei Problemen mit der Zylindrizität von Gewinden einen Leerschnitt fahren oder Werkzeuge der Familie TMO HRC verwenden
- keinen Kühlschmierstoff verwenden, sondern die harten Späne mit Blasluft oder MMS aus der Bohrung entfernen

Legende:
 überprüfen reduzieren verbessern/erhöhen bevorzugt verwenden

Formeln



Drehzahl	$n \text{ [min}^{-1}]$	$n = \frac{v_c \times 1000}{d_l \times \pi}$	[min ⁻¹]
Schnitgeschwindigkeit			
$v_c \text{ [m/min]}$	v_c	$= \frac{d_l \times \pi \times n}{1000}$	[m/min]
Vorschubgeschwindigkeit			
$v_f \text{ [mm/min]}$	v_f	$= p \times n$	[mm/min]

Kerndurchmesser Gewindebohren und -fräsen

M Metrisches ISO Regelgewinde

Kurzzeichen nach DIN 13	Innengewinde-Kerndurchmesser 6H min	Bohrer-Ø (mm)
	6H max	
M 2	1,567	1,679
M 2,5	2,013	2,138
M 3	2,459	2,599
M 4	3,242	3,422
M 5	4,134	4,334
M 6	4,917	5,153
M 8	6,647	6,912
M 10	8,376	8,676
M 12	10,106	10,441
M 14	11,835	12,210
M 16	13,835	14,210
M 18	15,294	15,744
M 20	17,294	17,744
M 24	20,752	21,252
M 27	23,752	24,252
M 30	26,211	26,771
M 36	31,670	32,270
M 42	37,129	37,799

UNC Unified Coarse Gewinde

Kurzzeichen nach ASME B 1.1	Innengewinde-Kerndurchmesser 2B min	Innengewinde-Kerndurchmesser 2B max	Bohrer-Ø (mm)
Nr. 2-56	1,694	1,872	1,85
Nr. 4-40	2,156	2,385	2,35
Nr. 6-32	2,642	2,896	2,85
Nr. 8-32	3,302	3,531	3,50
Nr. 10-24	3,683	3,962	3,90
$\frac{1}{4}$ -20	4,976	5,268	5,10
$\frac{5}{16}$ -18	6,411	6,734	6,60
$\frac{3}{8}$ -16	7,805	8,164	8,00
$\frac{1}{2}$ -13	10,584	11,013	10,80
$\frac{5}{8}$ -11	13,376	13,868	13,50
$\frac{3}{4}$ -10	16,299	16,833	16,50

UNF Unified Fine Gewinde

Kurzzeichen nach ASME B 1.1	Innengewinde-Kerndurchmesser 2B min	Innengewinde-Kerndurchmesser 2B max	Bohrer-Ø (mm)
Nr. 4-48	2,271	2,459	2,40
Nr. 6-40	2,819	3,023	2,95
Nr. 8-36	3,404	3,607	3,50
Nr. 10-32	3,962	4,166	4,10
$\frac{1}{4}$ -28	5,367	5,580	5,50
$\frac{5}{16}$ -24	6,792	7,038	6,90
$\frac{3}{8}$ -24	8,379	8,626	8,50
$\frac{1}{2}$ -20	11,326	11,618	11,50
$\frac{5}{8}$ -18	14,348	14,671	14,50

MF Metrisches ISO Feingewinde

Kurzzeichen nach DIN 13	Innengewinde-Kerndurchmesser 6H min	Bohrer-Ø (mm)
	6H max	
M 6 x 0,75	5,188	5,378
M 8 x 1	6,917	7,153
M 10 x 1	8,917	9,153
M 10 x 1,25	8,647	8,912
M 12 x 1	10,917	11,153
M 12 x 1,25	10,647	10,912
M 12 x 1,5	10,376	10,676
M 14 x 1,5	12,376	12,676
M 16 x 1,5	14,376	14,676
M 18 x 1,5	16,376	16,676
M 20 x 1,5	18,376	18,676
M 22 x 1,5	20,376	20,676

G Rohrgewinde

Kurzzeichen nach DIN EN ISO 228	Innengewinde-Kerndurchmesser min	Innengewinde-Kerndurchmesser max	Bohrer-Ø (mm)
$G \frac{1}{8}$	8,566	8,848	8,80
$G \frac{1}{4}$	11,445	11,890	11,80
$G \frac{3}{8}$	14,950	15,395	15,25
$G \frac{1}{2}$	18,632	19,173	19,00
$G \frac{5}{8}$	20,588	21,129	21,00
$G \frac{3}{4}$	24,118	24,659	24,50
61	30,292	30,932	30,75

Kerndurchmesser Gewindeformen

M Metrisches ISO Regelgewinde, Toleranz 6H

Kurzzeichen nach DIN 13	Innengewinde-Kerndurchmesser nach DIN 13-50 (mm) 6H min 7H max	Vorbohr-Ø (mm)
M 1,6	1,221	1,45
M 2	1,567	1,82
M 2,5	2,013	2,30
M 3	2,459	2,80
M 3,5	2,850	3,25
M 4	3,242	3,70
M 5	4,134	4,65
M 6	4,917	5,55
M 8	6,647	7,40
M 10	8,376	8,751
M 12	10,106	10,106
M 14	11,835	12,310
M 16	13,835	14,310

MF Metrisches ISO Feingewinde, Toleranz 6H

Kurzzeichen nach DIN 13	Innengewinde-Kerndurchmesser nach DIN 13-50 (mm) 6H min 7H max	Vorbohr-Ø (mm)
M 6 x 0,75	5,188	5,424
M 8 x 1	6,917	7,217
M 10 x 1	8,917	9,217
M 12 x 1	10,917	11,217
M 12 x 1,5	10,376	10,751
M 14 x 1,5	12,376	12,751
M 16 x 1,5	14,376	14,751

Zugfestigkeit Rm in N/mm ²	Brinellhärte HB	Rockwellhärte HRC	Vickershärte HV	PSI
150	50	50	50	22
200	60	60	60	29
250	80	80	80	37
300	90	95	95	43
350	100	110	110	50
400	120	125	125	58
450	130	140	140	66
500	150	155	155	73
550	165	170	170	79
600	175	185	185	85
650	190	200	200	92
700	200	220	220	98
750	215	235	235	105
800	230	250	250	112
850	250	265	265	120
900	270	27	280	128
950	280	29	295	135
1000	300	31	310	143
1050	310	33	325	150
1100	320	34	340	158
1150	340	36	360	164
1200	350	38	375	170
1250	370	40	390	177
1300	380	41	405	185
1350	400	43	420	192
1400	410	44	435	200
1450	430	45	450	207
1500	440	46	465	214
1550	450	48	480	221
1600	470	49	495	228
	51	530	530	247
	53	560	560	265
	55	595	595	283
	57	635	635	
	65	830	830	
	66	870	870	
	67	900	900	
	68	940	940	
	69	980	980	

Drehmoment-Einstellung von Gewindeschneidfuttern

Richtwerte für Drehmoment-Einstellung von Gewindeschneidfuttern

Gewindesteckung	Abmessung [mm]	Steigung [mm]	Einstellwert Drehmoment Gewindeschneiden [Nm]	Bruchmoment Gewindebohrer [Nm]	Einstellwert Drehmoment Gewindeformen [Nm]
M, MF	1	≤ 0,25	0,03*	0,03	0,07*
M, MF	1,2	≤ 0,25	0,07*	0,07	0,12
M, MF	1,4	≤ 0,3	0,1*	0,1	0,16
M, MF	1,6	≤ 0,35	0,15*	0,15	0,25
M, MF	1,8	≤ 0,35	0,24*	0,24	0,3
M, MF	2	≤ 0,4	0,3*	0,3	0,4
M, MF	2,5	≤ 0,45	0,5	0,6	0,6
M, MF	3	≤ 0,5	0,7	1	1
M, MF	3,5	≤ 0,6	1,2	1,6	1,5
M, MF	4	≤ 0,7	1,7	2,3	2,4
M, MF	5	≤ 0,8	3	5	4
M, MF	6	≤ 1,0	5,5	8,1	8
M, MF	8	≤ 1,25	12	20	17
M, MF	10	≤ 1,5	20	41	30
M, MF	12	≤ 1,75	35	70	50
M, MF	14	≤ 2,0	50	130	75
M, MF	16	≤ 2,0	60	160	85
M, MF	18	≤ 2,5	100	260	150
M, MF	20	≤ 2,5	110	390	160
M, MF	22	≤ 2,5	125	450	170
M, MF	24	≤ 3,0	190	550	260
M, MF	27	≤ 3,0	220	850	290
M, MF	30	≤ 3,5	320	1100	430
M, MF	33	≤ 3,5	350	1600	470
M, MF	36	≤ 4,0	460	2300	650
M, MF	39	≤ 4,0	500		
M, MF	42	≤ 4,5	700		
M, MF	45	≤ 4,5	750		
M, MF	48	≤ 5,0	900		
M, MF	52	≤ 5,0	1000		
M, MF	56	≤ 5,5	1300		

Umrechnung für andere Werkstoffe

	Werkstoff	Faktor
Stahl weich	Stahl 1200 N/mm ²	0,7
Stahl 1600 N/mm ²	Stahl 1200 N/mm ²	1,2
rostfreier Stahl	Stahl 1600 N/mm ²	1,4
66/666	Stahl 1600 N/mm ²	1,3
Aluminium/Kupfer	Stahl 1600 N/mm ²	0,6
Ti-Legierungen	Stahl 1600 N/mm ²	0,4
Ni-Legierungen	Stahl 1600 N/mm ²	1,1
	Stahl 1600 N/mm ²	1,4

Die Tabelle dient zur Drehmoment-Einstellung von Gewindeschneidfuttern, sofern diese einstellbar sind. Wird das Drehmoment zu hoch eingestellt, riskiert man Werkzeugbruch. Bei zu niedriger Einstellung kann das Werkzeug während der Bearbeitung stecken bleiben – die Maschine läuft aber weiter. Wenn dann der Druckausgleich nicht ausreicht, wird das Werkzeug zerstört und die Maschine kann beschädigt werden.

Basis für oben stehende Tabelle: Material 42CrMo4, Zugfestigkeit 1000 N/mm², Gewindetiefe 1,5 × D_N. Mit Hilfe der Umrechnungstabelle können die Werte auf andere Werkstoffe übertragen werden.

Bei mit * gekennzeichnete Abmessungen übersteigt das zur Herstellung eines 1,5 × D_N tiefen Gewindes erforderliche Drehmoment das Bruchmoment des Werkzeugs. Abhilfe: Fertigung des Gewindes in mehreren Arbeitsgängen.

Notizen

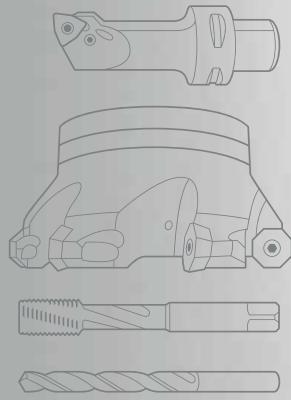
Walter AG

Denendinger Straße 53, 72072 Tübingen
Postfach 2049, 72010 Tübingen
Deutschland

www.walter-tools.com

www.facebook.com/waltertools

www.youtube.com/waltertools



Printed in Germany 632 4001 (09/2012) DE

Walter Deutschland GmbH

Frankfurt, Deutschland
+49 (0) 69 78902-100, service.de@walter-tools.com

Walter (Schweiz) AG

Solothurn, Schweiz
+41 (0) 32 617 40 72, service.ch@walter-tools.com

Walter Austria GmbH

Wien, Österreich
+43 (1) 5127300-0, service.at@walter-tools.com