

HARTNER

Precision Cutting Tools

GEWINDEFRÄSER

KOMPLETTPROGRAMM






















+ NEU: Mikro-Gewindefräser ab M1.4

ISO-Code

P	Stahl, hochlegierter Stahl
M	Rostfreier Stahl
K	Grauguss, Sphäroguss und Temperguss
N	Aluminium und andere Nichteisenmetalle
S	Sonder-, Super- und Titanlegierungen
H	Gehärteter Stahl und Hartguss

Piktogramme

Schneidstoff	
	Vollhartmetall
Oberfläche	 
	TiCN TiAlN
Typ	     
Bohrtiefe	  
Norm	 nach Hartner Standard
Schneidrichtung	
	rechts
Schaffform	 
	nach DIN 6535
Gewindeart	
	Durchgangs-/Sacklochgewinde
Innenkühlung	 
	mit IK ohne IK



GFR – Gewindefräser ohne Senkfase

S. 8

Einfache Variante zum Gewindefräsen einer Gewindegröße
Gewindearten: M, MF, UNF, UNC, NPT, G



GFR S – Gewindefräser mit Senkfase 45°

S. 16

Hohe Produktivität durch Senken und Gewindefräsen mit einem Werkzeug,
hohe Laufruhe und geringe Seitenkräfte
Gewindearten: M, MF, G



GFR U – Universalgewindefräser mit Halseinstich

S. 20

Für verschiedene Gewindegrößen mit gleicher Steigung, z.B. Gewinde
M30x1,5, Fräser Ø12xM1,5, Ø16xM1,5 oder Ø20xM1,5
Gewindearten: Innengewinde: M, MF | Innen- und Außengewinde: G, NPT

NEW

MGFR – Mikro-Gewindefräser

S. 24



MGFR 3

Gewindegröße und Steigung werden fest vorgegeben



(3xD) M1,6–M16, G1/8" - G2", UNC, UNF, UNJC, UNJF, MJ, VHM TiCN



MGFR 1

Universelle Herstellung von Gewinde-Nenndurchmessern bis zu maximaler Steigung



(3xD) M1,4–M10, VHM TiCN



MGFRH 3

Bearbeitung von gehärteten Stählen von 45 HRC – 65 HRC



(2xD–3xD) M2–M12, VHM TiAlN



Unser Service

S. 28

Kostenlose Bereitstellung von CNC-Programmen

$v_c = \text{m/min}$
 $f = \text{mm/U}$

Technischer Teil

S. 32

Allgemeine technische Informationen & Einsatzempfehlungen

Programmübersicht

Gewindetiefe	≤2xD		≤2,5xD	≤2xD
Schneidstoff	VHM			
Typ	GFR	GFR	GFR	GFR S
Oberfläche	Ⓢ	Ⓢ	Ⓢ	Ⓢ
Kühlmittelzufuhr	☒	axial	axial	axial
Schaftform	HA	HA	HA	HA
Drall	27°	27°	27°	10°
 Durchgangs- und Sacklochgewinde				
Gewindeart	Artikelnummer			
M	80300 S. 8	80301 S. 9	80312 S. 14	80309 S. 16
MF		80301 S. 9		80311 S. 17
UNC		80306 S. 10		
UNF		80307 S. 11		
G		80302 S. 12		
NPT		80304 S. 13		
EG	EG-Gewinde können grundsätzlich mit allen Gewindefräsertypen und Abmessungen hergestellt werden			
Geeignetes Kühlmittel	E/Ö	E/Ö	E/Ö	E/Ö

E = Emulsion
L = Luft
Ö = Öl
T = Trocken

universal/ Innengewinde	universal/ Außengewinde	≤3xD		
VHM				
GFR U	GFR U	MGFR 3	MGFR 1	MGFRH 3
C	C	C	C	A
axial	axial	☒	☒	☒
HA	HA	HA	HA	HA
15°	15°	15°	15°	15°
			 universal	 Hartbearbeitung
Artikelnummer				
80310 S. 20		80350 S. 24	80353 S. 26	80355 S. 27
80310 S. 20			80353 S. 26	
		80351 S. 25		
		80351 S. 25		
80303 S. 21	80303 S. 21			
80305 S. 22	80305 S. 22			
EG-Gewinde können grundsätzlich mit allen Gewindefräsertypen und Abmessungen hergestellt werden				
E/Ö	E/Ö	E/Ö	E/Ö	L/T

Welche Vorteile bringt Gewindefräsen gegenüber dem Gewindebohren und Gewindeformen?

- unterschiedliche Werkstoffe können mit einem Werkzeug bearbeitet werden (Al, Stahl, Guss, VA, Titan, Inconel, max. HRC 65 u.v.m.)
- verschiedene Durchmesser und Toleranzen sind mit einem Werkzeug möglich (z. B.: 6H+0.1, 7G, EG, u.v.m.)
- ein Werkzeug für Durchgangs- und Sacklochgewinde sowie Rechts- und Linksgewinde
- Gewindetiefe bis an den Bohrgrund möglich (0,5xP)
- kein axiales Verschneiden
- Einsparung von Werkzeugplätzen (Typ GFR S)
- kein Späneproblem, da kurze Frässpäne erzeugt werden
- geringe Werkzeugkosten bei gleicher Steigung und großen Gewinden (Typ GFR U)
- kurze Hauptzeiten durch hohe Schnittgeschwindigkeit und Vorschub
- hohe Prozesssicherheit auch bei Werkzeugbruch, da Gewindefräser komplett aus Werkstück und Maschine entfernt werden können
- hohe Wirtschaftlichkeit durch Nachschleif- und Nachbeschichtungsservice von Hartner



GFR – Gewindefräser ohne Senkfase



Kostenlose
CNC-
Programmierung
auf Anfrage!

Programmierbeispiel Typ GFR			
Artikel Nr.	80301 TiCN	Schnittgeschwindigkeit [vc]	80 m/min
Gewindeabmessung	M10x(1)	Vorschub pro Zahn	0,05 mm
Gewindetiefe	20 mm / Sackloch	Bearbeitungsablauf	Gegenlaufräsen
Material	St- 37	Bearbeitungszeit	6,9 Sekunden
CNC-Programm			
N10 M6 T1			
N20 G90 G54 G00 X0 Y0			
N30 Z2 S3203 M3 M8		Anstellen über Werkstück	
N40 Z-18.70		Anstellen Gewindetiefe	
N50 G91		Inkremental	
N60 G42 G01 X0 Y3.975 F50		Radiuskompensation	
N70 G02 X0 Y-9.005 I0 J-4.503 Z-0.150		Einfahrschleife 180°	
N80 G02 X0 Y0 I0 J5.030 Z-1.000 F101		Gewindesteigung 360°	
N90 G02 X0 Y9.005 I0 J4.503 Z-0.150		Ausfahrschleife 180°	
N100 G40 G01 X0 Y-3.975		Radiuskompensation abwählen	
N110 G90		Umschalten auf Absolut	
N120 G00 Z2 M9		Eilgang auf Startposition	
N130 M30			





Gewindefräser ohne Senkfase für Metrische ISO-Gewinde

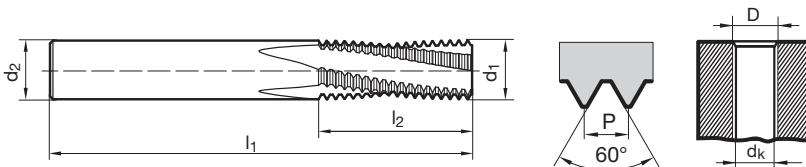
Artikel-Nr. 80300



P	M	K	N	S	H
•	○	•	•	○	≤55



ohne Senkfase



D	P mm	d1 mm	d2 mm	dk mm	l1 mm	l2 mm	Z	Code-Nr.
M6	1,000	4,800	6,000	5,00	54,000	13,500	3	6,000
M8	1,250	6,400	8,000	6,80	62,000	18,100	3	8,000
M10	1,500	7,950	10,000	8,50	74,000	21,800	3	10,000
M12	1,750	9,950	10,000	10,20	74,000	25,400	4	12,000
M14	2,000	11,200	12,000	12,00	90,000	31,000	4	14,000
M16	2,000	12,800	14,000	14,00	90,000	35,000	4	16,000
M20	2,500	14,950	16,000	17,50	102,000	41,300	4	20,000



Gewindefräser ohne Senkfase für Metr. ISO-Gewinde/Feingewinde

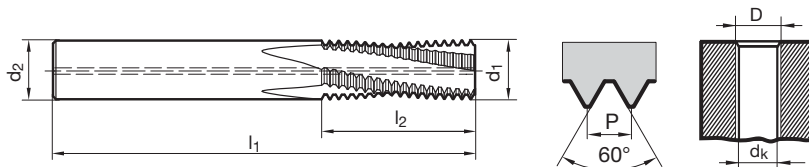
Artikel-Nr. 80301



P	M	K	N	S	H
•	○	•	•	○	≤55



ohne Senkfase



D	P mm	d1 mm	d2 mm	dk mm	l1 mm	l2 mm	Z	Code-Nr.
M6	1,000	4,800	6,000	5,00	54,000	13,500	3	6,000
M8	1,250	6,400	8,000	6,80	62,000	18,100	3	8,000
M8 x 1	1,000	6,400	8,000	7,00	62,000	17,500	3	8,005
M10	1,500	7,950	10,000	8,50	74,000	21,800	3	10,000
M10 x 1	1,000	7,950	10,000	9,00	74,000	21,500	3	10,005
M10 x 1,25	1,250	7,950	10,000	8,80	74,000	21,900	3	10,006
M12	1,750	9,950	10,000	10,20	74,000	25,400	4	12,000
M12 x 1,5	1,500	9,950	10,000	10,50	74,000	26,300	4	12,007
M14	2,000	11,200	12,000	12,00	90,000	31,000	4	14,000
M14 x 1,5	1,500	11,200	12,000	12,50	90,000	30,800	4	14,007
M16	2,000	12,800	14,000	14,00	90,000	35,000	4	16,000
M16 x 1,5	1,500	12,800	14,000	14,50	90,000	33,800	4	16,007
M20	2,500	14,950	16,000	17,50	102,000	41,300	4	20,000
M20 x 1,5	1,500	14,950	16,000	18,50	102,000	42,800	4	20,007



Gewindefräser ohne Senkfase für UNC-Gewinde

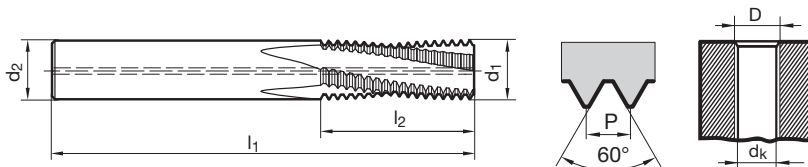
Artikel-Nr. 80306



P	M	K	N	S	H
•	○	•	•	○	≤55



ohne Senkfase



D	d1 mm	d2 mm	dk mm	l1 mm	l2 mm	Z	Code-Nr.
10 - 24	3,400	6,000	3,90	54,000	11,100	3	4,826
12 - 24	4,100	6,000	4,50	54,000	12,200	3	5,486
1/4 - 20	4,700	6,000	5,10	54,000	14,600	3	6,350
5/16 - 18	6,100	8,000	6,60	64,000	17,600	3	7,938
3/8 - 16	7,600	8,000	8,00	64,000	21,400	3	9,525
7/16 - 14	9,000	10,000	9,40	74,000	24,500	3	11,113
1/2 - 13	9,950	10,000	10,80	74,000	28,300	4	12,700
9/16 - 12	11,400	12,000	12,20	90,000	30,700	4	14,288
5/8 - 11	12,700	14,000	13,50	90,000	35,800	4	15,875



Gewindefräser ohne Senkfase für UNF-Gewinde

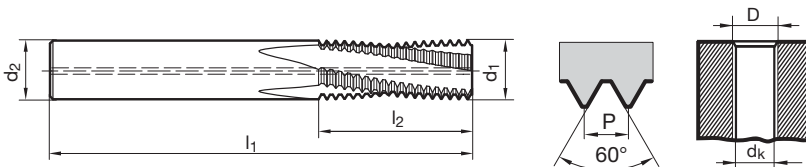
Artikel-Nr. 80307



P	M	K	N	S	H
•	○	•	•	○	≤55



ohne Senkfase



D	d1 mm	d2 mm	dk mm	l1 mm	l2 mm	Z	Code-Nr.
10 - 32	3,800	6,000	4,10	54,000	11,500	3	4,826
12 - 28	4,300	6,000	4,60	54,000	12,200	3	5,486
1/4 - 28	5,100	6,000	5,50	54,000	14,100	3	6,350
5/16 - 24	6,300	8,000	6,90	64,000	17,500	3	7,938
3/8 - 24	7,800	8,000	8,50	64,000	20,600	3	9,525
7/16 - 20	9,400	10,000	9,90	74,000	24,800	3	11,113
1/2 - 20	9,950	10,000	11,50	74,000	27,300	4	12,700
9/16 - 18	11,400	12,000	12,90	90,000	30,300	4	14,288
5/8 - 18	12,700	14,000	14,50	90,000	33,200	4	15,875



Gewindefräser ohne Senkfase für Whitworth-Rohrgewinde

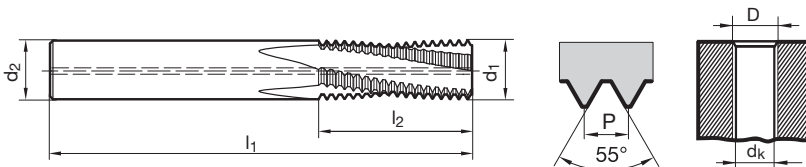
Artikel-Nr. 80302



P	M	K	N	S	H
•	○	•	•	○	≤55



ohne Senkfase



D	P inch	d1 mm	d2 mm	dk mm	l1 mm	l2 mm	Z	Code-Nr.
G1/8	28,000	7,950	8,000	8,80	64,000	21,300	3	9,728
G1/4	19,000	10,500	12,000	11,80	90,000	28,700	4	13,157
G3/8	19,000	13,600	14,000	15,25	90,000	35,400	4	16,662



Gewindefräser ohne Senkfase für NPT-Gewinde

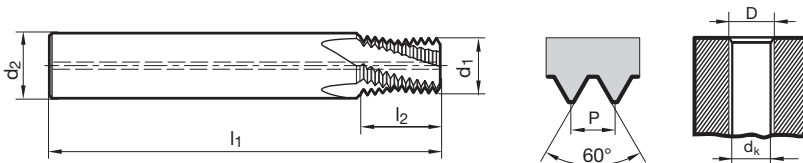
Artikel-Nr. 80304



P	M	K	N	S	H
•	○	•	•	○	≤55



ohne Senkfase



D	P inch	d1 mm	d2 mm	dk mm	l1 mm	l2 mm	Z	Code-Nr.
1/16	27,000	5,900	8,000	6,15	54,000	9,900	3	8,190
1/8	27,000	7,300	8,000	8,40	64,000	9,900	3	10,620
1/4	18,000	9,950	12,000	11,10	72,000	19,000	4	14,140
3/8	18,000	12,500	14,000	14,30	80,000	14,800	4	17,570



Gewindefräser ohne Senkfase für Metrische ISO-Gewinde

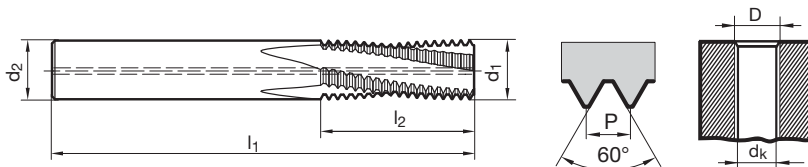
Artikel-Nr. 80312



P	M	K	N	S	H
•	○	•	•	○	≤55



ohne Senkfase



D	P mm	d1 mm	d2 mm	dk mm	l1 mm	l2 mm	Z	Code-Nr.
M6	1,000	4,800	6,000	5,00	54,000	16,500	3	6,000
M8	1,250	6,400	8,000	6,80	62,000	21,900	3	8,000
M10	1,500	7,950	10,000	8,50	74,000	26,300	3	10,000
M12	1,750	9,950	10,000	10,20	74,000	32,400	4	12,000
M14	2,000	11,200	12,000	12,00	90,000	37,000	4	14,000
M16	2,000	12,800	14,000	14,00	90,000	43,000	4	16,000
M20	2,500	14,950	16,000	17,50	102,000	48,800	4	20,000

GFR S – Gewindefräser mit Senkfase 45°



Kostenlose
CNC-
Programmierung
auf Anfrage!

Programmierbeispiel Typ GFR S			
Artikel Nr.	80311 TiCN	Schnittgeschwindigkeit [vc]	100 m/min
Gewindeabmessung	M12x(1,5)	Vorschub pro Zahn	0,075 mm
Gewindetiefe	18 mm / Sackloch	Bearbeitungsablauf	Gegenlaufräsen
Material	42CrMo4	Bearbeitungszeit	4,15 Sekunden
CNC-Programm			
N10 M6 T1			
N20 G90 G54 G00 X0 Y0			
N30 Z2 S1600 M3 M8		Anstellen über Werkstück	
N40 Z-26.20		Anstellen Senkung 45°	
N50 G01 Z-27.57 F85		Senken 45°	
N60 G00 Z-16.05 S3199		Anstellen Gewindetiefe	
N70 G91		Inkremental	
N80 G42 G01 X0 Y4.975 F85		Radiuskompensation	
N90 G02 X0 Y-11.015 I0 J-5.508 Z-0.225		Einfahrschleife 180°	
N100 G02 X0 Y0 I0 J6.040 Z-1.5 F169		Gewindesteigung 360°	
N110 G02 X0 Y11.015 I0 J5.508 Z-0.225		Ausfahrschleife 180°	
N120 G40 G01 X0 Y-4.975		Radiuskompensation abwählen	
N130 G90		Umschalten auf Absolut	
N140 G00 Z2 M9		Eilgang auf Startposition	
N150 M30			





Gewindefräser mit Senkfase für Metrische ISO-Gewinde

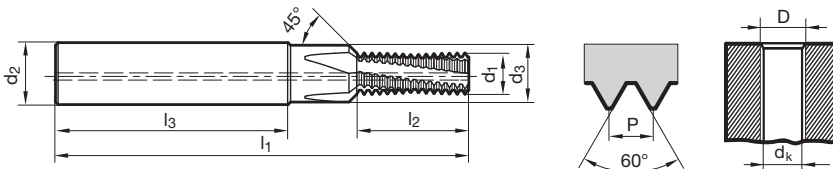
Artikel-Nr. 80309



P	M	K	N	S	H
•	•	•	•	•	≤55



mit Senkfase



D	P mm	d1 mm	d2 mm	d3 mm	dk mm	l1 mm	l2 mm	l3 mm	Z	Code-Nr.
M3	0,500	2,300	6,000	3,400	2,50	48,000	6,800	36,000	3	3,000
M4	0,700	3,000	6,000	4,500	3,30	48,000	8,800	36,000	3	4,000
M5	0,800	4,000	6,000	5,500	4,20	54,000	10,800	36,000	3	5,000
M6	1,000	4,800	8,000	6,600	5,00	62,000	13,500	36,000	3	6,000
M8	1,250	6,400	10,000	9,000	6,80	74,000	18,100	40,000	3	8,000
M10	1,500	7,950	12,000	11,000	8,50	80,000	21,800	45,000	4	10,000
M12	1,750	9,950	14,000	13,500	10,20	90,000	25,400	45,000	4	12,000
M14	2,000	11,200	16,000	15,500	12,00	102,000	31,000	48,000	4	14,000
M16	2,000	12,800	18,000	17,500	14,00	102,000	35,000	48,000	4	16,000
M20	2,500	14,500	20,000	21,500	17,50	125,000	41,300	50,000	4	20,000



Gewindefräser mit Senkfase für Metrische ISO-Feingewinde

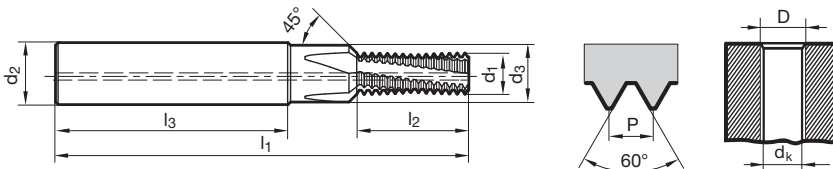
Artikel-Nr. 80311



P	M	K	N	S	H
•	•	•	•	•	≤55



mit Senkfase



D	P mm	d1 mm	d2 mm	d3 mm	dk mm	l1 mm	l2 mm	l3 mm	Z	Code-Nr.
M4 x11,0	0,700	3,000	6,000	4,500	3,30	48,000	12,300	36,000	3	4,003
M5 x 0,5	0,500	4,000	6,000	5,500	4,50	54,000	10,800	36,000	3	5,003
M6 x 0,5	0,500	4,800	8,000	6,600	5,50	62,000	12,800	36,000	3	6,003
M6 x 0,75	0,750	4,800	8,000	6,600	5,20	62,000	13,100	36,000	3	6,004
M8 x 0,75	0,750	6,400	10,000	9,000	7,20	74,000	16,900	40,000	3	8,004
M8 x 1	1,000	6,400	10,000	9,000	7,00	74,000	17,500	40,000	3	8,005
M10 x 1	1,000	7,950	12,000	11,000	9,00	80,000	21,500	45,000	4	10,005
M10 x 1,25	1,250	7,950	12,000	11,000	8,80	80,000	21,900	45,000	4	10,006
M12 x 1	1,000	9,950	14,000	13,500	11,00	90,000	25,500	45,000	4	12,005
M12 x 1,5	1,500	9,950	14,000	13,500	10,50	90,000	26,300	45,000	4	12,007
M14 x 1,5	1,500	11,200	16,000	15,500	12,50	102,000	30,800	48,000	4	14,007
M16 x 1,5	1,500	12,800	18,000	17,500	14,50	102,000	33,800	48,000	4	16,007



Anwendungsbeispiel Typ GFR U

Werkstoff: AISi7

Gewinde: M20 x 1,5 und M16 x 1,5

Gewindetiefe: 12 mm/13 mm

Werkzeug: GFR U, Artikel 80310

Schmierung: Emulsion 8 %

Parameter: $v_c=260\text{ m/min.}$, $f_z=0,06\text{ mm}$

Fräsmethode: Gegenlaufräsen

Standzeit: 38 000 Gewinde



GFR U – Universalgewindefräser mit Halseinstich



Kostenlose
CNC-
Programmierung
auf Anfrage!

Programmierbeispiel Typ GFR U			
Artikel Nr.	80310 Ø 12xM1 TiCN	Schnittgeschwindigkeit [vc]	60 m/min
Gewindeabmessung	M28x1	Vorschub pro Zahn	0,05 mm
Gewindetiefe	12 mm / Sackloch	Bearbeitungsablauf	Gegenlaufräsen
Material	VA [1.4301]	Bearbeitungszeit	28,96 Sekunden
CNC-Programm			
N10 M6 T1			
N20 G90 G54 G00 X0 Y0			
N30 Z2 S1598 M3 M8		Anstellen über Werkstück	
N40 Z-10.70		Anstellen Gewindetiefe	
N50 G91		Inkremental	
N60 G42 G01 X0 Y5.975 F92		Radiuskompensation	
N70 G02 X0 Y-20.015 I0 J-10.008 Z-0.150		Einfahrschleife 180°	
N80 G02 X0 Y0 I0 J14.040 Z-1.000 F184		Gewindesteigung 360°	
N90 G02 X0 Y20.015 I0 J10.008 Z-0.150		Ausfahrschleife 180°	
N100 G40 G01 X0 Y-5.975		Radiuskompensation abwählen	
N110 G90		Umschalten auf Absolut	
N120 G00 Z2 M9		Eilgang auf Startposition	
N130 M30			





Mehrbereichs-Gewindefräser für Metrische ISO-Gewinde

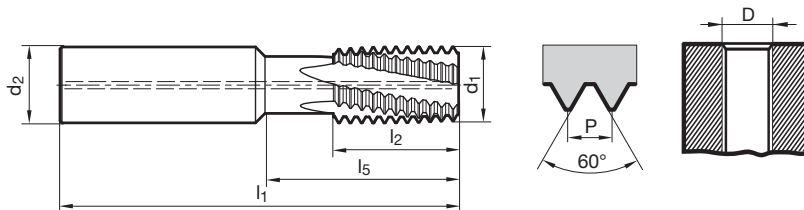
Artikel-Nr. 80310



P	M	K	N	S	H
•	•	•	•	•	≤55



Universalgewindefräser für Innengewinde M / MF



P mm	D	d1 mm	d2 mm	l1 mm	l2 mm	l5 mm	Z	Code-Nr.
0,500	> 10	7,950	8,000	64,000	20,000		4	8,050
1,000	> 12	9,950	10,000	70,000	16,000	25,000	4	10,100
1,250	> 14	9,950	10,000	70,000	16,000	25,000	4	10,125
1,500	> 14	9,950	10,000	70,000	16,000	25,000	4	10,150
1,000	> 16	11,950	12,000	80,000	20,000	31,000	4	12,100
1,250	> 16	11,950	12,000	80,000	20,000	31,000	4	12,125
1,500	> 16	11,950	12,000	80,000	20,000	31,000	4	12,150
1,000	> 18	15,950	16,000	90,000	25,000	40,000	5	16,100
1,500	> 20	15,950	16,000	90,000	25,000	40,000	5	16,150
2,000	> 22	15,950	16,000	90,000	25,000	40,000	5	16,200
3,000	> 24	17,950	18,000	102,000	33,000	50,000	5	18,300
1,000	> 24	19,950	20,000	105,000	33,000	50,000	5	20,100
1,500	> 26	19,950	20,000	105,000	33,000	50,000	5	20,150
2,000	> 26	19,950	20,000	105,000	33,000	50,000	5	20,200
3,000	> 27	19,950	20,000	105,000	33,000	50,000	5	20,300
3,500	> 30	19,950	20,000	105,000	33,000	50,000	5	20,350



Mehrbereichs-Gewindefräser für Whitworth-Rohrgewinde

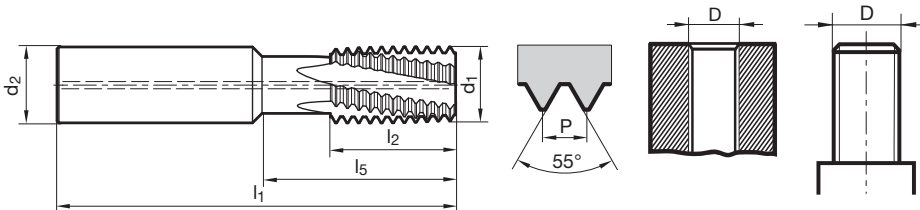
Artikel-Nr. 80303



P	M	K	N	S	H
•	•	•	•	•	≤55



Universalgewindefräser für Innen- und Außengewinde



P	D	d1	d2	l1	l2	l5	Z	Code-Nr.
inch		mm	mm	mm	mm	mm		
19,000	> 1/4	9,950	10,000	70,000	16,000	25,000	4	10,190
14,000	> 1/2	15,950	16,000	90,000	25,000	40,000	5	16,140
11,000	> 1	19,950	20,000	105,000	33,000	50,000	5	20,110



Mehrbereichs-Gewindefräser für NPT-Gewinde

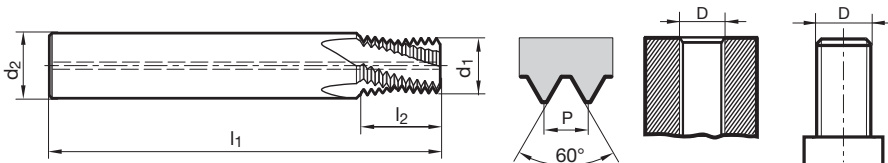
Artikel-Nr. 80305



P	M	K	N	S	H
•	•	•	•	•	≤55



Universalgewindefräser für Innen- und Außengewinde



P inch	D	d1 mm	d2 mm	l1 mm	l2 mm	Z	Code-Nr.
14,000	≥ 1/2	14,500	16,000	90,000	19,050	5	21,900
11,500	≥ 1	18,500	20,000	90,000	23,190	5	34,180

MGFR – Mikro-Gewindefräser



Mikro-Gewindefräser

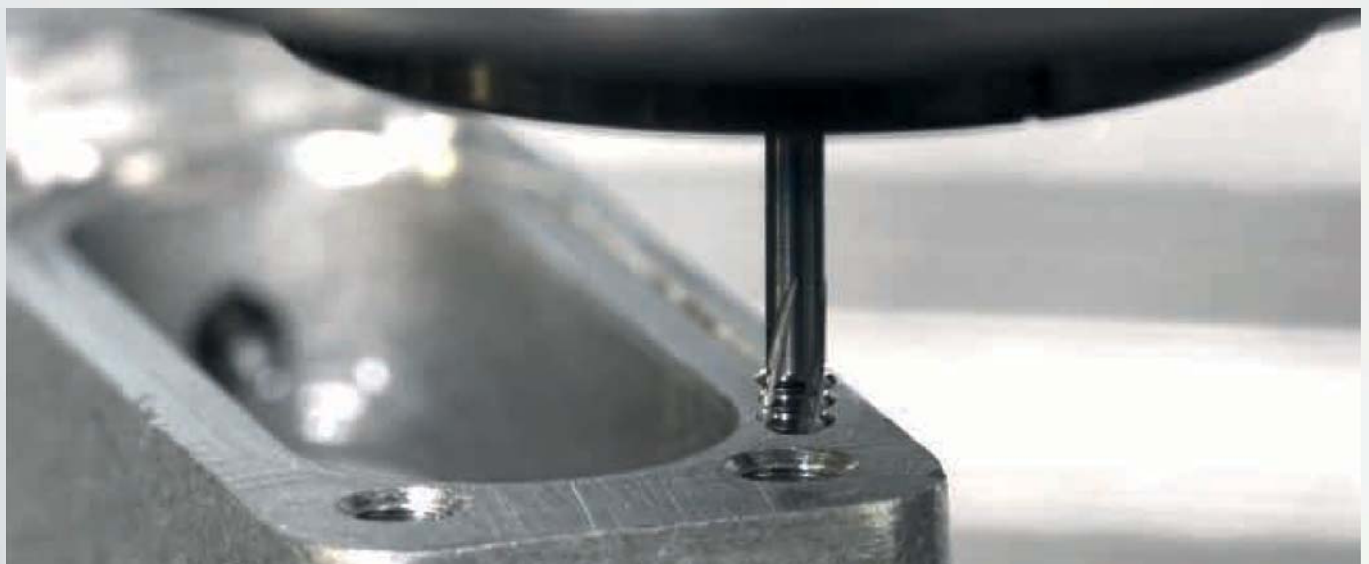
Die Vollhartmetall-Mikro-Gewindefräser wurden speziell für kleine Gewinde entwickelt:

- ausgezeichnete Eigenschaften bei höherfesten Werkstoffen (z. B. Titanlegierungen, rostfreie Stähle u.v.m.)
- Sackloch- und Durchgangsgewinde bis 3xD

- geringer Schnittdruck
- hervorragende Gewindequalität
- kurze Bearbeitungszeiten
- auch für weichere Werkstoffe geeignet (z. B. Aluminium oder Kunststoffe)

Kostenlose
CNC-
Programmierung
auf Anfrage!

Programmierbeispiel Typ MGFR 3	
Werkstoff	TiAl6V4
Gewinde	M3, Tiefe 7,0 mm / Sackloch
Werkzeug	80350 MGFR 3 M3x(0,5) Werkzeug-Ø 2,4 mm Z=3
Parameter	$v_c = 40$ m/min, $f_z = 0,025$ (Gegenlaufräsen) $v_f = 398$ mm/min, $v_m = 84$ mm/min
N10	M6 T1
N20	G90 G54 G00 X0 Y0
N30	Z2 S5305 M3 M8
N40	Z0.1
N50	G91
N60	G42 G01 X0 Y1.200 F42
N70	G02 X0 Y-2.720 I0 J-1.360 Z-0.075
N80	G02 X0 Y0 I0 J1.520 Z-0.500 F84
Anzahl Wiederholungen von Satz N80 =15	
N90	G02 X0 Y2.720 I0 J1.360 Z-0.075
N100	G40 G01 X0 Y-1.200
N110	G90
N120	G00 Z2 M9
N130	M30





Mikro-Gewindefräser

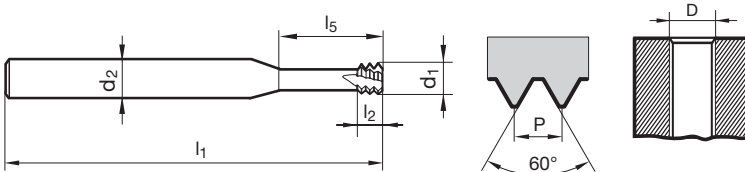
Artikel-Nr. 80350



P	M	K	N	S	H
•	•	•	•	•	



Gewindegröße und Steigung werden fest vorgegeben



D	P mm	d1 mm	d2 mm	l1 mm	l2 mm	l5 mm	Z	Code-Nr.
M1,6	0,350	1,200	3,000	39,000	1,100	4,800	3	1,600
M1,8	0,350	1,400	3,000	39,000	1,100	5,400	3	1,800
M2	0,400	1,550	3,000	39,000	1,200	6,000	4	2,000
M2,5	0,450	1,950	3,000	39,000	1,400	7,500	4	2,500
M3	0,500	2,400	6,000	58,000	1,500	9,500	4	3,000
M3,5	0,600	2,800	6,000	58,000	1,800	11,000	4	3,500
M4	0,700	3,200	6,000	58,000	2,100	12,500	4	4,000
M5	0,800	4,000	6,000	58,000	2,400	16,000	4	5,000
M6	1,000	4,800	6,000	58,000	3,000	20,000	4	6,000
M8	1,250	5,950	6,000	58,000	3,800	24,000	4	8,000
M10	1,500	7,800	8,000	73,000	4,500	33,000	4	10,000
M12	1,750	9,000	10,000	84,000	5,300	38,000	4	12,000
M16	2,000	11,800	12,000	84,000	6,000	35,000	5	16,000



Mikro-Gewindefräser

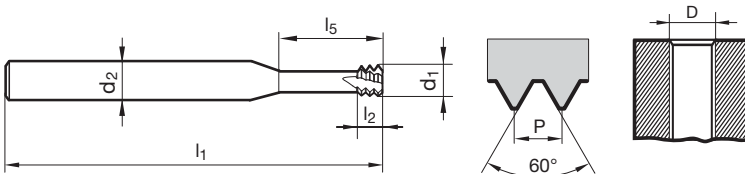
Artikel-Nr. 80351



P	M	K	N	S	H
•	•	•	•		



Gewindegröße und Steigung werden fest vorgegeben



D	P inch	d1 mm	d2 mm	l1 mm	l2 mm	l5 mm	Z	Code-Nr.
UNC No 2+UNF No 3	56	1,650	3,000	39,000	1,400	7,000	4	2,184
UNC No 3+UNF No 4	48	1,900	3,000	39,000	1,600	8,000	4	2,515
UNC No 4	40	2,100	6,000	58,000	1,900	9,000	4	2,845
UNC No 5+UNF No 6	40	2,450	6,000	58,000	1,900	10,000	4	3,175
UNC No 6	32	2,550	6,000	58,000	2,400	11,000	4	3,505
UNF No 8	36	3,300	6,000	58,000	2,100	12,000	4	4,165
UNC No 8	32	3,200	6,000	58,000	2,400	13,000	4	4,166
UNF No10	32	3,700	6,000	58,000	3,200	15,000	4	4,825
UNC No10+UNC No12	24	3,500	6,000	58,000	3,200	16,000	4	4,826
UNF No12	28	4,200	6,000	58,000	2,700	16,000	4	5,485
UNF 1/4	28	5,000	6,000	58,000	2,700	19,600	4	6,349
UNC 1/4	20	4,750	6,000	58,000	3,800	20,000	4	6,350
UNF 5/16+UNF 3/8	24	6,600	8,000	64,000	3,200	24,000	4	7,937
UNC 5/16	24	6,000	6,000	58,000	4,200	23,000	4	7,938
UNC 3/8	16	6,700	8,000	64,000	4,800	25,000	4	9,525
UNF 7/16	20	8,000	8,000	64,000	3,800	34,600	4	11,112
UNF 5/8	18	12,000	12,000	84,000	4,200	35,000	4	15,874



HARTNER

Mikro-Gewindefräser

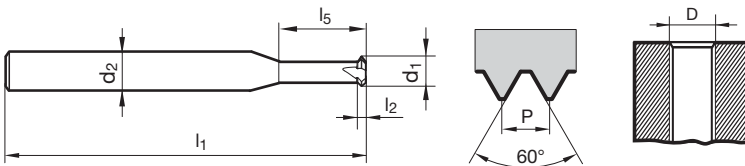
Artikel-Nr. 80353



P	M	K	N	S	H
•	•	•	•		



Universelle Herstellung von Gewinde- Nenndurchmessern bis zu maximaler Steigung



D	P max. mm	d1 mm	d2 mm	l1 mm	l2 mm	l5 mm	Z	Code-Nr.
M1,4 - M1,8	0,350	1,050	3,000	39,000	0,400	3,800	3	1,800
M2 - M2,4	0,400	1,500	3,000	39,000	0,400	7,000	3	2,400
M2,5 - M3	0,500	2,000	3,000	39,000	0,500	9,000	4	3,000
M3,5 - M4,5	0,750	2,800	6,000	58,000	0,800	14,000	4	4,500
M5 - M7	1,000	4,000	6,000	58,000	1,000	19,000	4	7,000
M8 - M10	1,500	6,400	8,000	64,000	1,500	24,000	5	10,000



Mikro-Gewindefräser

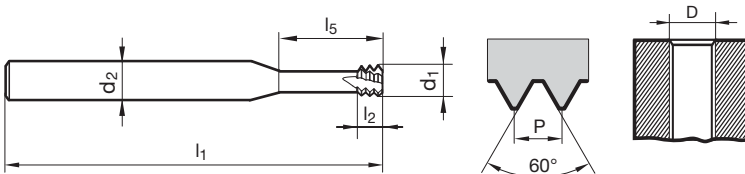
Artikel-Nr. 80355



P	M	K	N	S	H
				○	●



für die Hartbearbeitung 45-65 HRC • Gewindegröße und Steigung werden fest vorgegeben



D	P mm	d1 mm	d2 mm	l1 mm	l2 mm	l5 mm	Z	Code-Nr.
M2	0,400	1,550	3,000	39,000	1,200	6,000	4	2,000
M2,5	0,450	1,950	3,000	39,000	1,400	7,500	4	2,500
M3	0,500	2,350	6,000	58,000	1,500	9,500	4	3,000
M4	0,700	3,100	6,000	58,000	2,100	12,500	4	4,000
M5	0,800	3,800	6,000	58,000	2,400	16,000	4	5,000
M6	1,000	4,800	6,000	58,000	3,000	20,000	4	6,000
M8	1,250	5,950	6,000	58,000	3,800	24,000	4	8,000
M10	1,500	7,800	8,000	64,000	4,500	23,000	4	10,000
M12	1,750	9,000	10,000	73,000	5,300	26,000	5	12,000

Unser Service

Kostenlose Erstellung von CNC-Programmen

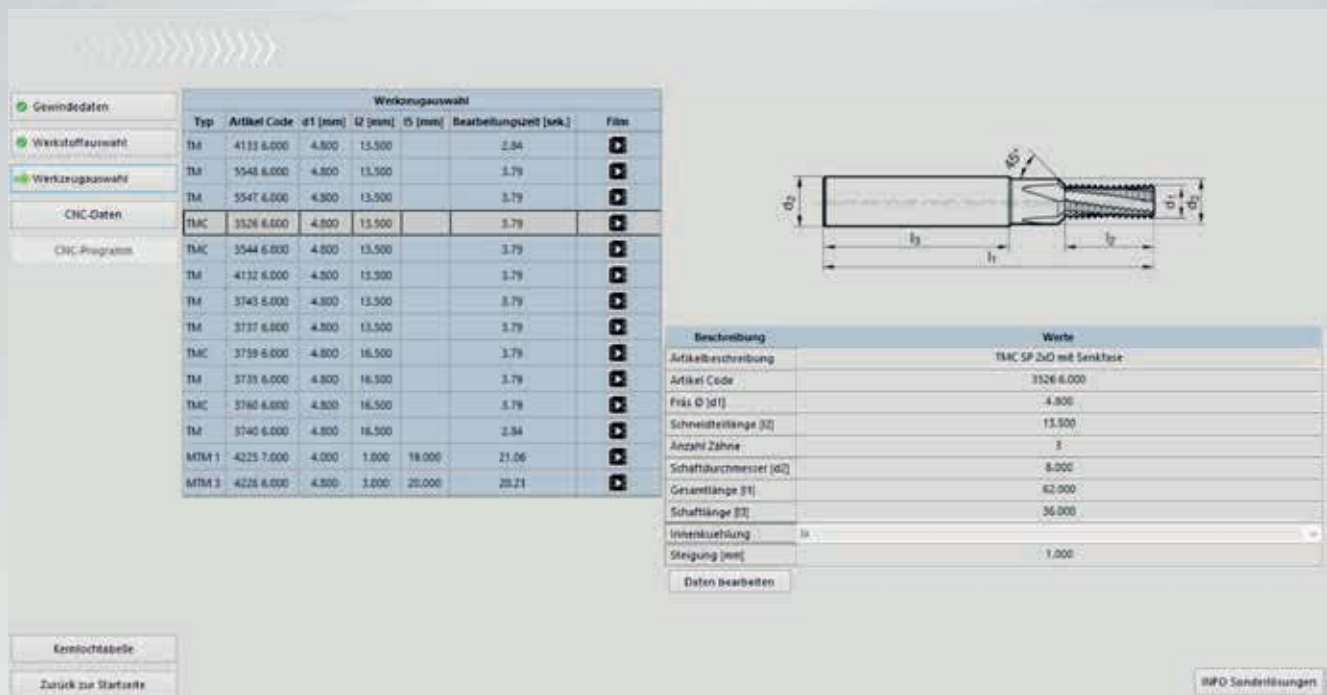
Um Ihnen den Einsatz unserer Gewindefräser so einfach wie möglich zu machen, erstellen wir das auf Ihre Anwendung und Maschinensteuerung angepaßte CNC Programm.

Für die Programmerstellung benötigen wir lediglich:

- die Gewindeart und -Größe
- den zu bearbeitenden Werkstoff
- den gewünschten Hartner-Artikel
- den Maschinensteuerungs-Typ

Sie erhalten von uns die Programmierdaten, welche automatisch eingelesen und erkannt werden. Die Programmierdaten sind erhältlich für Sinumerik, Heidenhain, Fanuc, Mazatrol und Hurco.

Zudem erhalten Sie zu jedem Programm ein CNC-Datenblatt mit allen Parametern. Siehe rechte Seite.



The screenshot displays a software interface for CNC programming. On the left, a sidebar contains navigation options: 'Gewindedaten', 'Werkstoffauswahl', 'Werkzeugauswahl', 'CNC-Daten', and 'CNC-Programm'. The main area features a table titled 'Werkzeugauswahl' with columns for 'Typ', 'Artikel Code', 'd1 [mm]', 'l2 [mm]', 'l5 [mm]', 'Bearbeitungszeit [sek]', and 'Film'. Below this table is a technical drawing of a thread drill bit with dimensions labeled: d_1 , d_2 , l_2 , l_1 , and l_3 . To the right of the drawing is a 'Berechnung' (Calculation) table with columns for 'Beschreibung' and 'Werte'. At the bottom left, there are buttons for 'Erneutausgabe' and 'Zurück zur Startseite'. At the bottom right, there is a button for 'Daten bearbeiten' and a logo for 'BFO Sonderlösungen'.

Werkzeugauswahl						
Typ	Artikel Code	d1 [mm]	l2 [mm]	l5 [mm]	Bearbeitungszeit [sek]	Film
TM	4133 8.000	4.800	13.500		2.84	
TM	5548 8.000	4.800	13.500		3.79	
TM	5547 8.000	4.800	13.500		3.79	
TM	3526 6.000	4.800	13.500		3.79	
TM	5544 6.000	4.800	13.500		3.79	
TM	4132 8.000	4.800	13.500		3.79	
TM	3743 8.000	4.800	13.500		3.79	
TM	3737 8.800	4.800	13.500		3.79	
TM	3759 6.000	4.800	16.500		3.79	
TM	3733 8.000	4.800	16.500		3.79	
TM	3760 8.800	4.800	16.500		3.79	
TM	3740 6.000	4.800	16.500		2.84	
MTM 1	4225 7.000	4.000	1.000	18.000	21.06	
MTM 3	4226 8.000	4.800	1.000	20.000	20.21	

Berechnung	Werte
Artikelbeschreibung	TM SP 2x0 mit Senkbohr
Artikel Code	3526 6.000
Fräs D [d1]	4.800
Schneidlänge [l2]	13.500
Anzahl Zähne	3
Schaftdurchmesser [d2]	8.000
Gesamtlänge [l1]	62.900
Schaftlänge [l3]	36.000
Innenkühlung	<input type="checkbox"/>
Steigung [mm]	1.000

BFO Sonderlösungen

Kostenlose CNC-Programmierung



HARTNER

CNC-Datenblatt



Hartner GmbH
Postfach 10 04 27
D-72425 Albstadt
Tel.: 0 74 31/1 25-0
Fax: 0 74 31/1 25-21 547
www.hartner.de

Datum 01.03.2018

Bearbeitungsaufgabe		Werkstoff
Gewindeabmessung	M10	Bau-/Automatenstähle, unlegierte Vergütungsstähle-/
Länge	16.00 mm	Einsatzstähle
Senkung W=90°	Nein	

Werkzeug		Schnittwerte	
Bezeichnung	GFR 2xD ohne Senkfase	Fräsen	
Fräserdurchmesser	d1 = 7.95 mm	Vc	90 m/min n 3604 1/min
Programmierradius	3.94 mm	fz	0.045 mm/Zahn
Bestell-Nr.	80301_10.000	Vf	486 mm/min Vm 100 mm/min

NC-Optionen		Bearbeitungszeit	
Steuerung	Sinumerik [DIN]	Gesamtzeit	7.05 sek.
Fräsbahn	Mittelpunktbahn, inkremental		
Fräsmethode	Gegenlauf		
Schnittaufteilung	Keine Schnittaufteilung		

Bemerkung Das CNC Programm dient als Programmierbeispiel und sollte bei Übernahme vor dem Einsatz durch eine Simulation getestet werden.

CNC-Code

```
; Werkzeug= GFR 2xD ohne Senkfase M10
; Werkstoff= P1
; Vc=90 m/min
; fz=0.045 mm/Zahn
; Gegenlauf
; keine Schnittaufteilung
; Gewindeart = Innengewinde rechts
N10 M6 T1
N20 G90 G54 G00 X0.000 Y0.000
N30 Z2.000 S3604 M3 M8
```

Achtung, bei Steuerungen die den Vorschub auf die Außenbahn beziehen, müssen die Klammerwerte verwendet werden.

The background features a technical drawing of a mechanical part with various dimensions labeled: p , $\frac{p}{2}$, $\frac{p}{4}$, H_1 , d_3 , and d_2 . In the foreground, a microscope and a pair of calipers are shown, both with their respective scales visible. The microscope scale has markings for 0, 5, 10, 15, 20, and 25. The calipers scale also has markings for 0, 5, 10, 15, 20, and 25. The entire image has a light green tint.

TECHNISCHER TEIL



Die Hartner Gewindefräsertypen

GFR – Gewindefräser ohne Senkfase



- einfache und kostengünstige Variante für das Fräsen von Innengewinden
- 2-3 Gewindegrößen mit gleicher Steigung können über das angegebene Nennmaß hergestellt werden
- Anwendung nur in Werkstoffen $\leq 1000 \text{ N/mm}^2$
- mit oder ohne Innenkühlung erhältlich

Gewindearten: M, MF, UNC, UNF, G, NPT

GFR S – Gewindefräser mit Senkfase 45°



- Senken und Gewindefräsen mit nur einem Werkzeug
- hohe Laufruhe und geringe Seitenkräfte
- prädestiniert zur Anwendung in schwer zerspanbaren Materialien auch ohne Senkstufe
- 2-3 Gewindegrößen mit gleicher Steigung können über das angegebene Nennmaß hergestellt werden
- nur mit Innenkühlung erhältlich

Gewindearten: M, MF, G

GFR U – Universalgewindefräser mit Halseinstich



- universelle Anwendungsmöglichkeiten
- für verschiedene Gewindegrößen mit gleicher Steigung z. B. Gewinde M30x1,5 mit Fräser $\varnothing 12 \times M1,5$, $\varnothing 16 \times M1,5$ oder $\varnothing 20 \times M1,5$
- nur mit Innenkühlung erhältlich

**Gewindearten: Innengewinde: M, MF
Innen- und Außengewinde: G, NPT**

MGFR 3 – Mikro-Gwindefräser



- Gewindegröße und Steigung sind fest vorgegeben
- ausgezeichnete Bearbeitung von härtesten Werkstoffen wie Titan, VA etc.
- geeignet zur Bearbeitung von gehärteten Stählen 45HRC–65HRC
- Gewinde bis 3xD
- nur ohne Innenkühlung erhältlich; mit Innenkühlung auf Anfrage

Gewindearten: M, MF, UNC, UNF

MGFR 1 – Mikro-Gwindefräser



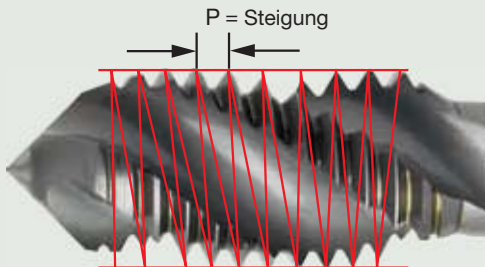
- universelle Herstellung von Gewinde-Nenndurchmessern bis zu einer maximalen Steigung
- nur ohne Innenkühlung erhältlich

Gewindearten: M, MF



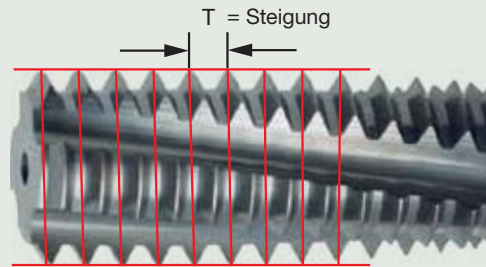
Unterschied zwischen Gewindebohrer/-former und Gewindefräser

Gewindebohrer/-former



Die roten Linien zeigen den Steigungswinkel des Gewindes, der auf das Werkzeug geschliffen ist. Das heißt, die Steigung wird vom Werkzeug in das Werkstück geschnitten.

Gewindefräser



Die roten Linien zeigen, dass das Werkzeug über keinen Steigungswinkel verfügt. Die Steigung wird von einer CNC-Maschine mit der Z-Achse erzeugt.

Entstehung des Gewindes beim Gewindefräsen



Gewindeprofil ohne axiale Zustellung (Z-Achse) der Maschine. Es entsteht ein Rillenprofil ohne Steigung. Dabei entsteht kein funktionsfähiges Gewinde.



Durch die zusätzliche Programmierung der Z-Achse wird die benötigte Gewindesteigung erzeugt.

Hinweis

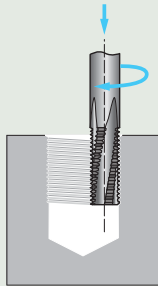
Aufgrund des diagonalen Fräsens im Steigungswinkel (Z-Achse) wird das Gewindeprofil des Werkzeugs verzerrt auf das Bauteil übertragen.

Je mehr sich der Fräserdurchmesser (80 % vom Nenn.-Ø) dem Gewinde-Nenndurchmesser annähert und je höher die Gewindesteigung, desto ausgeprägter ist die Profilverzerrung.



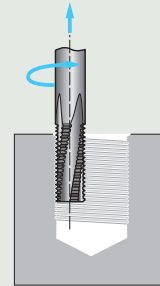
Wir unterscheiden grundsätzlich zwei Fräsprozesse

Gegenlaufräsen im Uhrzeigersinn, mit G02



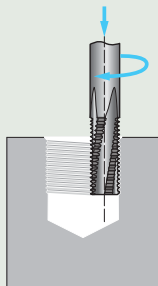
Das Gegenlaufräsen wird bevorzugt bei der Bearbeitung von härteren Materialien oder zur Abhilfe gegen konische Gewinde eingesetzt.

Gleichlaufräsen gegen Uhrzeigersinn, mit G03



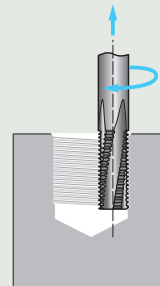
Das Gleichlaufräsen wird bei Gewindetiefen $< 1,5 \times D$ aufgrund einer höheren Oberflächengüte bevorzugt.

**Gewindeherstellung mit einem Werkzeug
Rechtsgewinde Gegenlaufräsen**



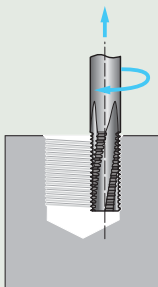
Von oben nach unten Werkzeug rotiert rechts.

**Gewindeherstellung mit einem Werkzeug
Linksgewinde Gegenlaufräsen**



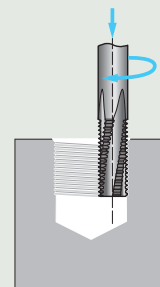
Von unten nach oben Werkzeug rotiert rechts.

**Gewindeherstellung mit einem Werkzeug
Rechtsgewinde Gleichlaufräsen**



Von unten nach oben Werkzeug rotiert rechts.







**Gewindeherstellung mit einem Werkzeug
Linksgewinde Gleichlaufräsen**



Von unten nach oben Werkzeug rotiert rechts.



Modifikation bei Gewindefräsern

Darstellung	Modifikation	Effekt
	Kühlnuten am Schaft	gezielte Kühlung ohne Stabilitätsverlust im Schneidenbereich
	radiale Kühlmittelaustritte	gezielte Kühlung bei Durchgangsgewinden
	Gewindegänge entfernt	reduzierte Schnittkräfte, aber längere Bearbeitungszeit durch zwei Umläufe
	Entgratschneide	Gratfreier Gewindeeinlauf in einem Arbeitsgang
	erstes Gewindeprofil stirnseitig verlängert	Anfasen der Kernlochbohrung
	Halsfreischliff	ermöglicht axiale Schnittaufteilungen – sinnvoll für tiefe Gewinde



Kernlochdurchmesser für das Gewindefräsen

Metrische ISO-Regelgewinde DIN 13					Metrische ISO-Feingewinde DIN 13					UNC-Gewinde ASME B1.1									
Nenn- Ø	Steigung P	Kern- loch- (Bohr-)Ø DIN 336 mm	Kern-Ø Innengewinde 6H*		Nenn- Ø	Steigung P	Kern- loch- (Bohr-)Ø DIN 336 mm	Kern-Ø Innengewinde 6H		Nenn- Ø	Steigung P	Kern- loch- (Bohr-)Ø DIN 336 mm	Kern-Ø Innengewinde 6H		Nenn- Ø	Gang pro inch	Kern- loch- (Bohr-)Ø DIN 336 mm	Kern-Ø Innengewinde 2B	
			min. mm	max. mm				min. mm	max. mm				min. mm	max. mm				min. mm	max. mm
M 1	0,25	0,75	0,729	0,785	M 2,5 x 0,35	2,15	2,121	2,221	M 22 x 1,50	20,50	20,376	20,676	Nr. 1 - 64	1,55	1,425	1,580			
M 1,1	0,25	0,85	0,829	0,885	M 3,0 x 0,35	2,65	2,621	2,721	M 22 x 2,00	20,00	19,835	20,210	Nr. 2 - 56	1,85	1,694	1,872			
M 1,2	0,25	0,95	0,929	0,985	M 3,5 x 0,35	3,15	3,121	3,221	M 24 x 1,00	23,00	22,917	23,153	Nr. 3 - 48	2,10	1,941	2,146			
M 1,4	0,30	1,10	1,075	1,142	M 4,0 x 0,50	3,50	3,459	3,599	M 24 x 1,50	22,50	22,376	22,676	Nr. 4 - 40	2,35	2,157	2,385			
M 1,6	0,35	1,25	1,221	1,321	M 4,5 x 0,50	4,00	3,959	4,099	M 24 x 2,00	22,00	21,835	22,210	Nr. 5 - 40	2,65	2,487	2,698			
M 1,8	0,35	1,45	1,421	1,521	M 5,0 x 0,50	4,50	4,459	4,599	M 25 x 1,00	24,00	23,917	24,153	Nr. 6 - 32	2,85	2,642	2,896			
M 2	0,40	1,60	1,567	1,679	M 5,5 x 0,50	5,00	4,959	5,099	M 25 x 1,50	23,50	23,376	23,676	Nr. 8 - 32	3,50	3,302	3,531			
M 2,2	0,45	1,75	1,713	1,838	M 6,0 x 0,75	5,20	5,188	5,378	M 25 x 2,00	23,00	22,835	23,210	Nr. 10 - 24	3,90	3,683	3,937			
M 2,5	0,45	2,05	2,013	2,138	M 7,0 x 0,75	6,20	6,188	6,378	M 27 x 1,00	26,00	25,917	26,153	Nr. 12 - 24	4,50	4,343	4,597			
M 3	0,50	2,50	2,459	2,599	M 8,0 x 0,50	7,50	7,459	7,599	M 27 x 1,50	25,50	25,376	25,676	1/4 - 20	5,10	4,978	5,258			
M 3,5	0,60	2,90	2,850	3,010	M 8,0 x 0,75	7,20	7,188	7,378	M 27 x 2,00	25,00	24,835	25,210	5/16 - 18	6,60	6,401	6,731			
M 4	0,70	3,30	3,242	3,422	M 8,0 x 1,00	7,00	6,917	7,153	M 28 x 1,00	27,00	26,917	27,153	3/8 - 16	8,00	7,798	8,153			
M 4,5	0,75	3,70	3,688	3,878	M 9,0 x 0,75	8,20	8,188	8,378	M 28 x 1,50	26,50	26,376	26,676	7/16 - 14	9,40	9,144	9,550			
M 5	0,80	4,20	4,134	4,334	M 9,0 x 1,00	8,00	7,917	8,153	M 28 x 2,00	26,00	25,835	26,210	1/2 - 13	10,80	10,592	11,024			
M 6	1,00	5,00	4,917	5,153	M 10 x 0,75	9,20	9,188	9,378	M 30 x 1,00	29,00	28,917	29,153	9/16 - 12	12,20	11,989	12,446			
M 7	1,00	6,00	5,917	6,153	M 10 x 1,00	9,00	8,917	9,153	M 30 x 1,50	28,50	28,376	28,676	5/8 - 11	13,50	13,386	13,868			
M 8	1,25	6,80	6,647	6,912	M 10 x 1,25	8,80	8,647	8,912	M 30 x 2,00	28,00	27,835	28,210	3/4 - 10	16,50	16,307	16,840			
M 9	1,25	7,80	7,647	7,912	M 11 x 0,75	10,20	10,188	10,378	M 30 x 3,00	27,00	26,752	27,252	7/8 - 9	19,50	19,177	19,761			
M 10	1,50	8,50	8,376	8,676	M 11 x 1,00	10,00	9,917	10,153	M 32 x 1,50	30,50	30,376	30,676	1 - 8	22,25	21,971	22,606			
M 11	1,50	9,50	9,376	9,676	M 12 x 1,00	11,00	10,917	11,153	M 32 x 2,00	30,00	29,835	30,210	1 1/8 - 7	25,00	24,638	25,349			
M 12	1,75	10,20	10,106	10,441	M 12 x 1,25	10,80	10,647	10,912	M 33 x 1,50	31,50	31,376	31,676	1 1/4 - 7	28,00	27,813	28,524			
M 14	2,00	12,00	11,835	12,210	M 12 x 1,50	10,50	10,376	10,676	M 33 x 2,00	31,00	30,835	31,210	1 3/8 - 6	30,75	30,353	31,115			
M 16	2,00	14,00	13,835	14,210	M 14 x 1,00	13,00	12,917	13,153	M 33 x 3,00	30,00	29,752	30,252	1 1/2 - 6	34,00	33,528	34,290			
M 18	2,50	15,50	15,294	15,744	M 14 x 1,25	12,80	12,647	12,912	M 35 x 1,50	33,50	33,376	33,676	1 3/4 - 5	39,50	38,938	39,802			
M 20	2,50	17,50	17,294	17,744	M 14 x 1,50	12,50	12,376	12,676	M 36 x 1,50	34,50	34,376	34,676	2 - 4,5	45,00	44,679	45,593			
M 22	2,50	19,50	19,294	19,744	M 15 x 1,00	14,00	13,917	14,153											
M 24	3,00	21,00	20,752	21,252	M 15 x 1,50	13,50	13,376	13,676											
M 27	3,00	24,00	23,752	24,252	M 16 x 1,00	15,00	14,917	15,153											
M 30	3,50	26,50	26,211	26,771	M 16 x 1,25	14,80	14,647	14,912											
M 33	3,50	29,50	29,211	29,771	M 16 x 1,50	14,50	14,376	14,676											
M 36	4,00	32,00	31,670	32,270	M 17 x 1,00	16,00	15,917	16,153											
M 39	4,00	35,00	34,670	35,270	M 17 x 1,50	15,50	15,376	15,676											
M 42	4,50	37,50	37,129	37,799	M 18 x 1,00	17,00	16,917	17,153											
M 45	4,50	40,50	40,129	40,799	M 18 x 1,50	16,50	16,376	16,676											
M 48	5,00	43,00	42,587	43,297	M 20 x 1,00	19,00	18,917	19,153											
M 52	5,00	47,00	46,587	47,297	M 20 x 1,50	18,50	18,376	18,676											
M 56	5,50	50,50	50,046	50,796	M 20 x 2,00	18,00	17,835	18,210											
					M 22 x 1,00	21,00	20,917	21,153											

* M 1,1 bis M 1,4 Kern-Ø Innengewinde 5H

MJ-Gewinde DIN ISO 5855					UNJC-Gewinde ISO 3161					UNJF-Gewinde ISO 3161						
Nenn- Ø	x	Steigung P	Kern- loch- (Bohr-)Ø mm	Kern-Ø Innengewinde 5H*		Nenn- Ø	Gang pro inch	Kern- loch- (Bohr-)Ø mm	Kern-Ø Innengewinde 3B		Nenn- Ø	Gang pro inch	Kern- loch- (Bohr-)Ø mm	Kern-Ø Innengewinde 3B		
				min. mm	max. mm				min. mm	max. mm				min. mm	max. mm	
MJ 3	x	0,50	2,60	2,513	2,653	Nr. 6	- 32	2,85	2,733	2,939	Nr. 6	- 40	3,00	2,888	3,053	
MJ 4	x	0,70	3,40	3,318	3,498	Nr. 8	- 32	3,55	3,393	3,599	Nr. 8	- 36	3,60	3,480	3,663	
MJ 5	x	0,80	4,30	4,221	4,421	Nr. 10	- 24	4,00	3,795	4,064	Nr. 10	- 32	4,20	4,054	4,255	
MJ 6	x	0,50	5,55	5,513	5,625	Nr. 12	- 24	4,60	4,455	4,704	Nr. 12	- 28	4,75	4,602	4,816	
MJ 6	x	0,75	5,35	5,269	5,419	1/4 - 20		5,30	5,113	5,387	1/4 - 28		5,60	5,466	5,662	
MJ 6	x	1,00	5,10	5,026	5,216	5/16 - 18		6,75	6,563	6,833	5/16 - 24		7,00	6,906	7,109	
MJ 8	x	0,50	7,55	7,513	7,625	3/8 - 16		8,20	7,978	8,255	3/8 - 24		8,60	8,494	8,679	
MJ 8	x	0,75	7,35	7,269	7,419	7/16 - 14		9,60	9,346	9,639	7/16 - 20		10,00	9,876	10,084	
MJ 8	x	1,00	7,10	7,026	7,216	1/2 - 13		11,00	10,798	11,095	1/2 - 20		11,60	11,463	11,661	
MJ 8	x	1,25	6,90	6,782	6,994	9/16 - 12		12,40	12,228	12,482	9/16 - 18		13,00	12,913	13,122	
MJ 10	x	1,00	9,10	9,026	9,216	5/8 - 11		13,80	13,627	13,904	5/8 - 18		14,60	14,501	14,702	
MJ 10	x	1,25	8,90	8,782	8,994											
MJ 10	x	1,50	8,60	8,539	8,775											
MJ 12	x	1,75	10,40	10,295	10,560											
MJ 16	x	2,00	14,20	14,051	14,351											



Kernlochdurchmesser für das Gewindefräsen

UNF-Gewinde ASME B1.1					BSW-(Whitworth)-Gewinde BS84					(Whitworth-) Rohrgewinde (nach DIN-ISO 228-1)					Stahlpanzerrohr-Gewinde nach DIN 40430				
Nenn-Ø	Gang pro inch	Kernloch-(Bohr-)Ø DIN 336 mm	Kern-Ø Innengewinde 2B		Nenn-Ø	Gang pro inch	Kernloch-(Bohr-)Ø mm	Kern-Ø Innengewinde		Nenn-Ø	Gang pro inch	Kernloch-(Bohr-)Ø DIN 336 mm	Kern-Ø Innengewinde		Nenn-Ø	Gang pro inch	Kernloch-(Bohr-)Ø mm	Kern-Ø Innengewinde	
			min. mm	max. mm				min. mm	max. mm				min. mm	max. mm				min. mm	max. mm
Nr. 1 - 72		1,55	1,473	1,610	W 1/16	60	1,20	1,045	1,230	G 1/16	28	6,80	6,561	6,843	Pg 7	20	11,40	11,280	11,430
Nr. 2 - 64		1,85	1,755	1,910	W 3/32	48	1,80	1,704	1,912	G 1/8	28	8,80	8,566	8,848	Pg 9	18	14,00	13,860	14,010
Nr. 3 - 56		2,15	2,024	2,197	W 1/8	40	2,50	2,362	2,591	G 1/4	19	11,80	11,445	11,890	Pg 11	18	17,30	17,260	17,410
Nr. 4 - 48		2,40	2,271	2,459	W 5/32	32	3,20	2,952	3,214	G 3/8	19	15,25	14,950	15,395	Pg 13,5	18	19,00	19,060	19,210
Nr. 5 - 44		2,70	2,550	2,741	W 3/16	24	3,60	3,407	3,745	G 1/2	14	19,00	18,631	19,172	Pg 16	18	21,30	21,160	21,310
Nr. 6 - 40		2,95	2,819	3,023	W 7/32	24	4,50	4,201	4,539	G 5/8	14	21,00	20,587	21,128	Pg 21	16	26,90	26,780	27,030
Nr. 8 - 36		3,50	3,404	3,607	W 1/4	20	5,10	4,724	5,156	G 3/4	14	24,50	24,117	24,658	Pg 29	16	35,50	35,480	35,730
Nr. 10 - 32		4,10	3,962	4,166	W 5/16	18	6,50	6,130	6,590	G 7/8	14	28,25	27,877	28,418	Pg 36	16	45,50	45,480	45,730
Nr. 12 - 28		4,60	4,496	4,724	W 3/8	16	7,90	7,492	7,987	G 1	11	30,75	30,291	30,931	Pg 42	16	52,50	52,480	52,730
1/4 - 28		5,50	5,359	5,588	W 7/16	14	9,20	8,789	9,330	G 1 1/8	11	35,50	34,939	35,579	Pg 48	16	57,80	57,780	58,030
5/16 - 24		6,90	6,782	7,036	W 1/2	12	10,50	9,989	10,591	G 1 1/4	11	39,50	38,952	39,592					
3/8 - 24		8,50	8,382	8,636	W 9/16	12	12,00	11,577	12,179	G 1 1/2	11	45,25	44,845	45,485					
7/16 - 20		9,90	9,728	10,033	W 5/8	11	13,50	12,918	13,558	G 1 3/4	11	51,00	50,788	51,428					
1/2 - 20		11,50	11,328	11,608	W 3/4	10	16,25	15,797	16,483	G 2	11	57,00	56,656	57,296					
9/16 - 18		12,90	12,751	13,081	W 7/8	9	19,25	18,611	19,353										
5/8 - 18		14,50	14,351	14,681	W 1	8	22,00	21,334	22,147										
3/4 - 16		17,50	17,323	17,678	W 1 1/8	7	24,50	23,928	24,832										
7/8 - 14		20,40	20,269	20,650	W 1 1/4	7	27,75	27,103	28,007										
1 - 12		23,25	23,114	23,571	W 1 3/8	6	30,50	29,504	30,528										
1 1/8 - 12		26,50	26,289	26,746	W 1 1/2	6	33,50	32,679	33,703										
1 1/4 - 12		29,50	29,464	29,921	W 1 5/8	5	35,50	34,769	35,963										
1 3/8 - 12		32,75	32,639	33,096	W 1 3/4	5	39,00	37,944	39,138										
1 1/2 - 12		36,00	35,814	36,271	W 2	4,5	44,50	43,571	44,877										

NPT ANSI B 2.1 Amerik. kegeliges Rohrgewinde Kegel 1:16

Ausführung A (möglichst vermeiden)	Ausführung B	Nenn-Ø	Gang pro inch	Kernloch-Ø zylindr. (A) d ₁	Kernloch-Ø konisch (B) D ₁	Einschneidtiefe ET mm	Bohrtiefe BT (min) mm
		1/16	- 27	6,15	6,39	9,29	10,7
		1/8	- 27	8,40	8,74	9,32	10,8
		1/4	- 18	11,10	11,36	13,52	15,6
		3/8	- 18	14,30	14,80	13,83	16,0
		1/2	- 14	17,90	18,32	18,07	20,8
		3/4	- 14	23,30	23,67	18,55	21,3
		1	- 11,5	29,00	29,69	22,29	25,6
		1 1/4	- 11,5	37,70	38,45	22,80	26,1
		1 1/2	- 11,5	43,70	44,52	22,80	26,1
		2	- 11,5	55,60	56,56	23,20	26,5
		2 1/2	- 8	66,30	67,62	31,75	36,3
		3	- 8	82,30	83,52	33,74	38,5

EG-Gewinde Metr./Metr. Fein (EG M 14 x 1,25) für Gewindedrahteinsätze DIN 8140

Nenn-Ø	x Steigung P mm	Kernloch-(Bohr-)Ø mm	Kern-Ø Innengewinde	
			min. mm	max. mm
EG M 4	0,70	4,20	4,152	4,292
EG M 5	0,80	5,25	5,174	5,334
EG M 6	1,00	6,30	6,217	6,407
EG M 8	1,25	8,40	8,271	8,483
EG M10	1,50	10,50	10,324	10,560
EG M12	1,75	12,50	12,379	12,644
EG M14 x 1,25		14,40	14,271	14,483
EG M16	2,00	16,50	16,433	16,733

EG UNC (UNC-STI) Gewinde für Gewindedrahteinsätze ASME B18.29.1

Nenn-Ø	Gang pro inch	Kernloch-(Bohr-)Ø mm	Kern-Ø Innengewinde	
			min. mm	max. mm
EG Nr. 6 - 32		3,80	3,678	3,879
EG Nr. 8 - 32		4,40	4,338	4,524
EG Nr. 10 - 24		5,20	5,055	5,283
EG Nr. 12 - 24		5,80	5,715	5,944
EG 1/4 - 20		6,70	6,624	6,868
EG 5/16 - 18		8,40	8,242	8,489
EG 3/8 - 16		10,00	9,868	10,127
EG 7/16 - 14		11,60	11,506	11,783
EG 1/2 - 13		13,30	13,122	13,393
EG 9/16 - 12		14,90	14,747	15,032
EG 5/8 - 11		16,50	16,375	16,673

EG UNF (UNF-STI) Gewinde für Gewindedrahteinsätze ASME B18.29.1

Nenn-Ø	Gang pro inch	Kernloch-(Bohr-)Ø mm	Kern-Ø Innengewinde	
			min. mm	max. mm
EG Nr. 6 - 40		3,70	3,644	3,818
EG Nr. 8 - 36		4,40	4,321	4,498
EG Nr. 10 - 32		5,10	4,999	5,184
EG Nr. 12 - 28		5,70	5,682	5,809
EG 1/4 - 28		6,60	6,546	6,721
EG 5/16 - 24		8,25	8,166	8,352
EG 3/8 - 24		9,80	9,754	9,931
EG 7/16 - 20		11,50	11,389	11,585
EG 1/2 - 20		13,10	12,974	13,172
EG 9/16 - 18		14,70	14,592	14,798
EG 5/8 - 18		16,25	16,180	16,386



Der Gewindefräser im praktischen Einsatz

1. Werkzeug spannen

guter Rundlauf ist wichtig, deshalb so kurz und stabil wie möglich spannen.

2. Werkzeugdaten in Maschinenspeicher eingeben

a. Werkzeuglänge von vorderer Planseite.

b. Werkzeugradius am Werkzeug-Voreinstellgerät ausmessen.

Grundsätzlich gilt: gemessener Radius – 0,022 x Steigung ergibt den Eingabewert im Werkzeugspeicher.

3. Eingabe des CNC-Programmes in die Steuerung

(vorzugsweise als Unterprogramm an entsprechenden Positionen integrieren)

a. Aufrufen eines steuerungseigenen Zyklus (Abläufe sollten bekannt sein)

b. Einspielen der Daten aus unserer Programmier-Software (DIN oder Heidenhain)

4. Probelauf über dem Werkstück

a. Werkzeuglängenmaß im Speicher um einen runden Wert je nach Eingriffslänge (z.B. 30 mm) verlängern oder Nullpunkt versetzen.

b. Programm im Einzelsatz abfahren, optische Kontrolle der Werkzeugbahn beachten.

c. Programm im Automatik Modus ablaufen lassen.

Achtung

Bei Steuerungen, bei denen nicht eindeutig klar ist, welche Fräserbahn anliegt, muss geklärt werden, ob der Vorschub an der Außenbahn v_r oder an der Mittelpunktbahn v_m liegt. Grundsätzlich gibt Hartner die Fräser-Mittelpunktbahn v_m an.

5. Einsatz im Werkstück

Die Werkzeugverlängerung oder den Nullpunkt wieder zurücksetzen. Danach das Programm im Werkstück ablaufen lassen, die Vorschubregelung muss 100 % angewählt sein. Sollte das Gewinde nicht lehrenhaltig sein, muss der Werkzeugradius im Werkzeugspeicher korrigiert werden:

Beispiel:

- Gewinde zu eng: Radiuskorrektur – eingeben
- Gewinde zu groß: Radiuskorrektur + eingeben





Programmierung beim Gewindefräsen

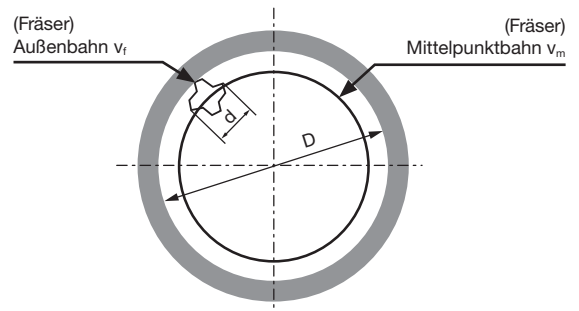
Programmangaben

Funktionen für das Gewindefräsen

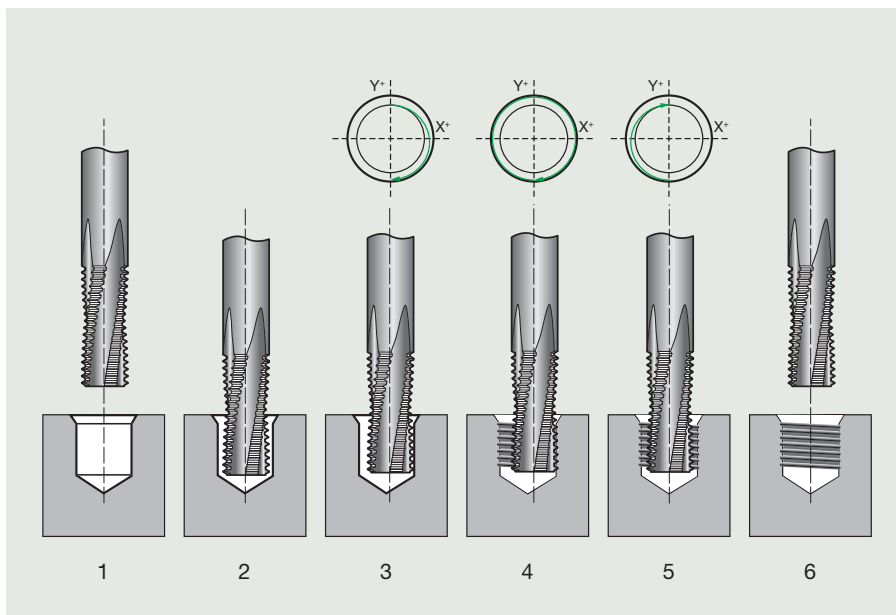
G00	Eilgang	G90	absolute Maßangabe
G01	Vorschub	G91	inkrementale Maßangabe
G02	Kreisinterpolation (im Uhrzeigersinn)	M03	Spindel an (Rechtslauf)
G03	Kreisinterpolation (gegen Uhrzeigersinn)	M05	Spindel halt
G17	Ebenenauswahl x-y Achse	M08	Kühlschmierung einschalten
G18	Ebenenauswahl z-x Achse	X	Achse
G19	Ebenenauswahl y-z Achse	Y	Achse
G40	Aufheben der Werkzeugkorrektur	Z	Achse
G41	Werkzeugbahnkorrektur (links der Kontur)	I	Gewindesteigung parallel zur X-Achse
G42	Werkzeugbahnkorrektur (rechts der Kontur)	J	Gewindesteigung parallel zur Y-Achse
G43	Werkzeug – Längenkompensation (aufrufen)	S	Spindeldrehzahl
G49	Werkzeug – Längenkompensation (abwählen)	F	Vorschub
G54	Nullpunktverschiebung		

CNC Innengewindefräsen

1. Anfahren auf Startposition
2. Auf Gewindetiefe in Bohrung fahren
3. 180° Einfahrtschleife an die Kontur
4. 360° Vollkreisbewegung des Gewindefräasers
5. 180° Ausfahrtschleife zur Bohrungsmitte
6. Im Eilgang aus der Bohrung fahren in Startposition



Einfahrtschleife 180°
(immer halbe Vorschubgeschwindigkeit)



Berechnungsformeln

$$v_c = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{1000}$$

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{d \cdot \pi}$$

$$v_f = n \cdot z \cdot f_z$$

$$v_m = \frac{v_f \cdot (D - d)}{D}$$

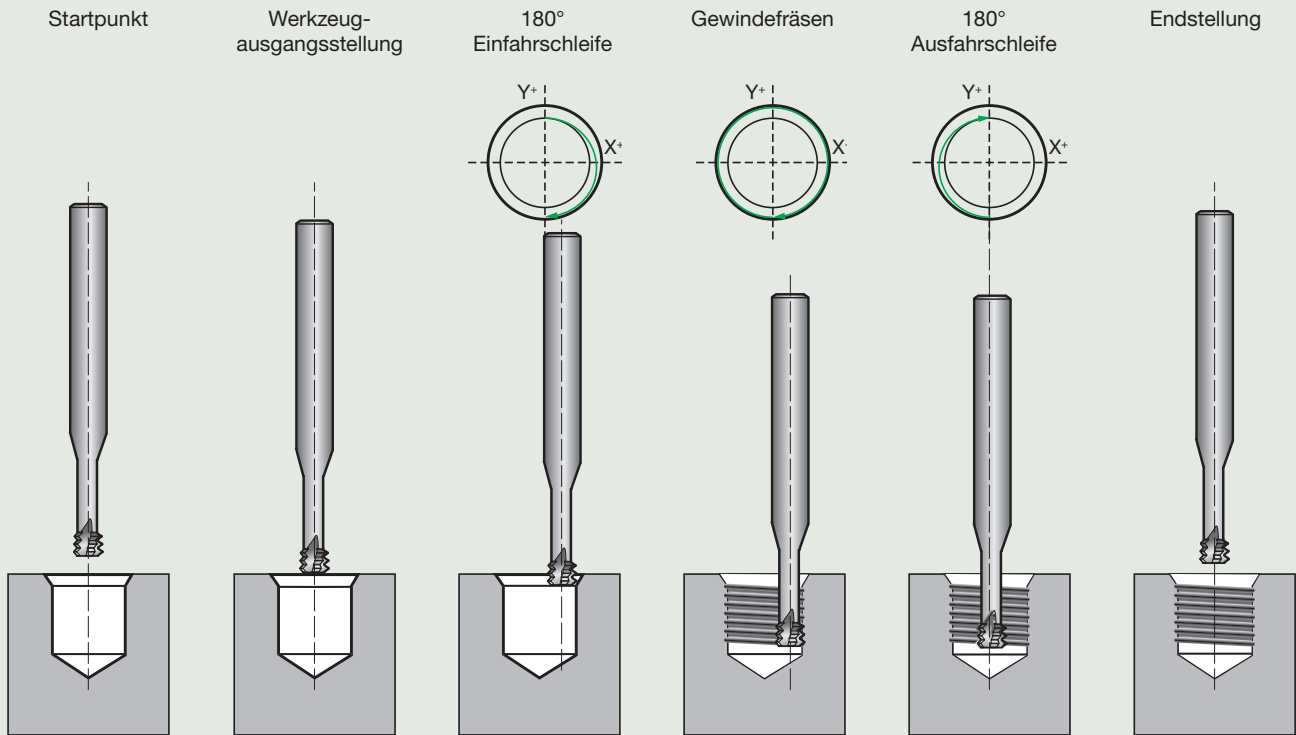
$$v_b = n \cdot f_b$$

- v_c = Schnittgeschwindigkeit
- v_f = Konturvorschub
- v_m = Mittelpunktbahnvorschub
- n = Drehzahl
- z = Schneidenzahl
- f_z = Vorschub pro Zahn
- f_b = Bohrvorschub pro Umdrehung*
- v_b = Bohrvorschubgeschwindigkeit*
- D = Gewinde-Nenndurchmesser [mm]
- d = Fräser-Außendurchmesser [mm]
- * für das Bohrgewindefräsen



Programmierung beim Gewindefräsen

Programmierablauf Mikro-Gewindefräsen (Rechtsgewinde im Gegenlauf)



Möglichkeiten zur Reduzierung der Radialkräfte

Zur Reduzierung der Radialkräfte können Schnittaufteilungen vorgenommen werden:

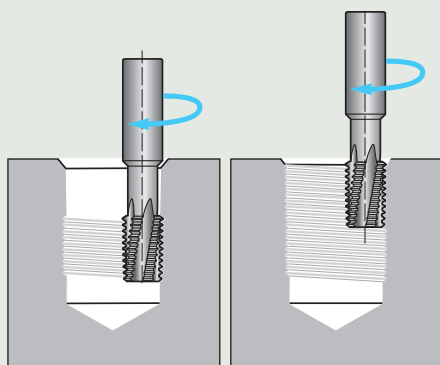
Vorteil

- für größere Gewindetiefen
- wirkt konischen Gewinden entgegen
- für instabile Aufspannungen

Nachteil

- höherer Werkzeugverschleiß
- längere Fertigungszeit

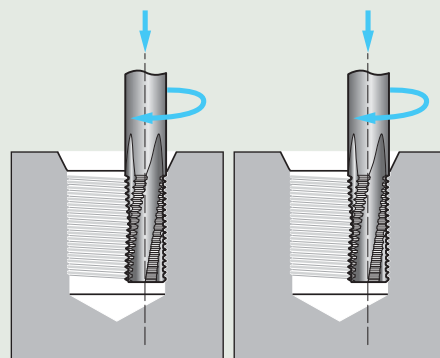
Axiale Schnittaufteilung



1. Schritt

2. Schritt

Radiale Schnittaufteilung



1. Schritt

2. Schritt



1. Schritt
Gegenlaufräsen

2. Schritt
Gegenlaufräsen



Anwendungsbeispiele



Bauteil	Kurbelgehäuse AlSi7
Bearbeitung	Aufbohren mit 180°-Bohrungsgrund, Fasen und Gewindefräsen einer vorgegossenen Bohrung, Durchgangsgewinde M20x1,5, Gewindetiefe = 20 mm
Werkzeug	VHM-Bohrgewindefräser DTMZ M20x1,5 mit IK, 180° Bohrschneide
Schnittdaten	$v_c = 250 \text{ m/min}$, $f_b = 0,30$, $f_z = 0,10 \text{ mm}$
Standmenge	60.000 Gewinde



Bauteil	Pumpengehäuse AlSi12
Bearbeitung	Bohren, Fasen, Planfläche und Gewindefräsen, Sacklochgewinde M10x1, Gewindetiefe = 15 mm
Werkzeug	VHM-Bohrgewindefräser DTMZ M10x1 mit IK und Plansenker
Schnittdaten	$v_c = 280 \text{ m/min}$, $f_b = 0,07$, $f_z = 0,05 \text{ mm}$
Standmenge	24.000 Gewinde





Auswahl des richtigen Spannfutters

Die richtige Werkzeugspannung spielt auch beim Gewindefräsen eine zentrale Rolle. Gewindefräser sollten grundsätzlich so kurz wie möglich eingespannt werden. Eine kompakte und mechanische Spannkraft ist zu bevorzugen. Die Maßhaltigkeit wird bis 0,02 mm gewährleistet.

Kraftspannfutter

Das Kraftspannfutter zeichnet sich durch einen äußerst präzisen Rundlauf aus. Die hohe Spannkraft und Laufruhe sind perfekte Voraussetzungen für die Herstellung von Gewinden mit großen Steigungen.

max. zulässiger Rundlauffehler: 0,003 mm



Zylinderschaftaufnahmen

Die Zylinderschaftaufnahme für HB- und HE-Schäfte ist ein robustes, günstiges Spannfutter mit hoher Spannkraft. Die Spannfläche verhindert das Verdrehen oder Herausziehen des Werkzeugs bei der Zerspanung. Die Zylinderschaftaufnahme ist daher für die Herstellung von Gewinden in allen Werkstoffen bis hin zu großen Steigungen geeignet.

max. zulässiger Rundlauffehler: 0,02 mm



Schrumpffutter

Das Schrumpffutter bildet mit dem eingeschrumpften Werkzeug eine starre Verbindung. Bei nicht sachgemäßem Einschrumpfen oder älteren Schrumpffuttern kann es zum Herausziehen des Werkzeugs kommen. Werkzeugbruch und ggf. eine Beschädigung des Bauteils wären die Folge. Daher ist das Schrumpffutter nur für Gewindesteigungen $< P=1,5$ mm geeignet.

max. zulässiger Rundlauffehler: 0,005 mm



Hydrodehnspannfutter

Das Hydrodehnspannfutter ist, ähnlich dem Schrumpffutter, nur bedingt zum Gewindefräsen geeignet. Gerade bei hohen Radialkräften stößt dieses Spannfutter an seine Grenzen. Daher empfiehlt sich das Hydrodehnspannfutter für weichere Werkstoffe wie Aluminium und Gewindesteigungen $< P=1,5$ mm.

max. zulässiger Rundlauffehler: 0,005 mm



Spannzangenaufnahme

Die Spannzangenaufnahme ist sehr gut für das Mikrogewindefräsen geeignet, da hier nur eine axiale Belastung entsteht. Die geringen Spannkraften lassen lediglich das Fräsen von weicheren Werkstoffen zu. Infolgedessen ist die Spannzangenaufnahme nicht für das gängige Gewindefräsen geeignet.

max. zulässiger Rundlauffehler: 0,01 mm





Maximale Wirtschaftlichkeit dank Wiederaufbereitung in Originalqualität

Auch das widerstandsfähigste Werkzeug nutzt sich bei starker Beanspruchung irgendwann ab. Durch die Aufarbeitung mit Originalgeometrien und -schichten gelingt es Hartner, die ursprüngliche Leistungsfähigkeit Ihrer Werkzeuge wieder herzustellen.

Nachschleifen

In unseren Dienstleistungszentren werden die Werkzeuge je nach Abstumpfungsgrad an der Spanfläche (Spanbrust) nachgeschliffen. Je nach Verschleißmarkenbreite ist dieser Nachschleifs-service zwei bis dreimal möglich (ab Frästeildurchmesser $d_1 > 5,0$ mm).

Um den Frästeildurchmesser d_1 neu zu definieren, wird die Anzahl der Nachschliffe am Schaftende mit einer Kerbe versehen. Das heißt, jede Kerbe wird einem Durchmesser zugeordnet und neu beschriftet.



Nachbeschichten

War ein Gewindefräser ursprünglich mit einer Beschichtung veredelt, wird das Werkzeug im Anschluss an den Nachschliff neu beschichtet. So werden nicht nur der Verschleiß- und Korrosionsschutz sowie optimale Gleiteigenschaften wiederhergestellt, sondern auch die Lebensdauer des Werkzeugs immens verlängert.



Schnittwertempfehlung Gewindefräser und Mikro-Gewindefräser

ISO	Werkstoffgruppe	Härte	Materialbeispiel	Werkstoff-Nr.	Schnittgeschw. v_c (m/min)
P	P1 Bau/Automatenstähle, unlegierte Vergütungs-/ Einsatzstähle	< 800 N/mm ²	S235JR	1.0037	90
			C15	1.0401	
			11SMnPb30	1.0718	
	P2 Automatenstähle, unlegierte Einsatzstähle, Nitrierstähle	800-1000 N/mm ²	S355J2	1.0577	80
			C60	1.0601	
			31CrMo12	1.8515	
P3 Legierte Vergütungsstähle, Werkzeugstähle, Schnellarbeitsstähle	800-1200 N/mm ²	42CrMo4	1.7225	70	
		36CrNiMo4	1.6511		
		X36CrMo17	1.2316		
		HS 6-5-2	1.3343		
		X5CrNi18-10	1.4301		
M	M1 Nichtrostende Stahlwerkstoffe, geschwefelt, austenitisch	< 1000 N/mm ²	X6CrNiTi18-10	1.4571	55
			X8CrNiS18-9	1.4305	
			X17CrNi16-2	1.4057	
	M2 Rost und säurebeständige Stähle, martensitisch	< 1000 N/mm ²	X90CrMoV18	1.4112	50
			X2CrTi12	1.4512	
	M3 Duplex und Super Duplex	< 1300 N/mm ²	X2CrNiMoN22-5-3	1.4462	45
X2CrNiMoN25-7-4			1.441		
X2CrNiMoCuWn25-7-4			1.4501		
K	K1 Gusseisen	300 HB	EN-GJL-150	0.6015	120
			EN-GJL-250	0.6025	
			EN-GJL-300	0.603	
	K2 Kugelgraphit- und Temperguss	350 HB	EN-GJS-400-15	0.704	100
			EN-GJS-600-3	0.706	
			EN-GJS-700-2	0.707	
K3 ADI, GGK	1000 N/mm ² 350 HB	EN-GJS1000-5		80	
		EN-GJV250			
		EN-GJV400			
N	N1 Aluminium, Aluminium-Knetlegierung	< 450 N/mm ²	Al99,5H	3.025	250
			AlMgSi1	3.2315	
			AlZn4,5Mg	3.4335	
	N2 Aluminium- Gusslegierungen	< 600 N/mm ²	GD-AlSi5Cu1Mg	3.2134	230
			GD-AlSi8Cu3	3.2162	
			G-AlSi9Mg	3.2373	
N3 Magnesium-Legierungen	< 500 N/mm ²	G-AlSi12	3.2581	180	
		GDMgAl8Zn1	3.5812.08		
		CuZn20	2.025		
N4 Kuper und Kupferlegierungen	langspanend	CuZn37Pb0,5	2.0332	130	
		kurzspanend	2.038		
		CuZn43Pb2	2.041		
N5 Kupfer-Sonderlegierungen	< 1400 N/mm ²	Ampco		160	
		PMMA, POM,PVC			
		kurzspanend			
N6 Kunststoffe [Thermoplaste, Duroplaste]	langspanend			300	
S	S1 Titan und Titanlegierungen	< 1200 N/mm ²	Titan	3.7025	40
			TiAl5Sn2	3.7115	
			TiAl6V4	3.7165	
	S2 Nickel-, Kobalt- und Eisen-Legierungen	< 1400 N/mm ²	Hasteloy C4	2.461	30
Inconel 718			2.4668		
			Nimonic	2.4634	
H	H1 H2 Hochfeste Stähle, gehärtete Stähle	45-55 HRC 55-62 HRC	Hardox		45
			PM30		

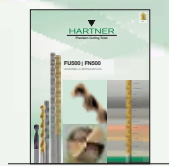
Typ



Frästeildurchmesser [d1] / Vorschub pro Zahn [fz] [Gegenlauf]																				
Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	Ø5	Ø6	Ø7	Ø8	Ø9	Ø10	Ø12	Ø14	Ø16	Ø18	Ø20						
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm						
0,01	0,02	0,02	0,025	0,03	0,035	0,045	0,05	0,055	0,06	0,06	0,065	0,065	0,07	0,08	●●	●●	●●	●●	●●	○
0,01	0,02	0,02	0,025	0,03	0,035	0,045	0,05	0,055	0,06	0,06	0,065	0,065	0,07	0,08	●●	●●	●●	●●	●●	○
0,01	0,02	0,02	0,025	0,03	0,035	0,045	0,05	0,055	0,06	0,06	0,065	0,065	0,07	0,08	●	●●	●●	●●	●●	●
0,01	0,02	0,025	0,03	0,03	0,03	0,035	0,04	0,05	0,055	0,06	0,065	0,065	0,07	0,075	●	●●	●●	●●	●●	○
0,01	0,02	0,025	0,03	0,03	0,03	0,035	0,04	0,05	0,055	0,06	0,065	0,065	0,07	0,075	●	●●	●●	●●	●●	○
0,01	0,02	0,025	0,03	0,03	0,03	0,035	0,04	0,05	0,055	0,06	0,065	0,065	0,07	0,075	●	●●	●●	●●	●●	○
0,01	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	0,045	0,05	0,06	0,065	0,07	0,08	0,09	0,1	0,12	●●	●●	●●	●●	●●	○
0,01	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	0,045	0,05	0,06	0,065	0,07	0,08	0,09	0,1	0,12	●●	●●	●●	●●	●●	○
0,01	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	0,045	0,05	0,06	0,065	0,07	0,08	0,09	0,1	0,12	●●	●●	●●	●●	●●	●
0,02	0,03	0,035	0,04	0,045	0,05	0,055	0,06	0,065	0,07	0,08	0,085	0,09	0,1	0,12	●●	●●	●●	●●	●●	○
0,02	0,03	0,035	0,04	0,045	0,05	0,055	0,06	0,065	0,07	0,08	0,085	0,09	0,1	0,12	●●	●●	●●	●●	●●	○
0,02	0,03	0,035	0,04	0,045	0,05	0,055	0,06	0,065	0,07	0,08	0,085	0,09	0,1	0,12	●●	●●	●●	●●	●●	○
0,01	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	0,045	0,05	0,055	0,06	0,065	0,07	0,075	0,08	0,09	●●	●●	●●	●●	●●	○
0,01	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	0,045	0,05	0,055	0,06	0,06	0,065	0,07	0,075	0,08	●●	●●	●●	●●	●●	○
0,02	0,03	0,04	0,045	0,05	0,055	0,06	0,07	0,08	0,09	0,09	0,1	0,12	0,13	0,15	●●	●●	●●	●●	●●	○
0,01	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	0,04	0,045	0,05	0,055	0,06	0,065	0,07	●●	●●	●●	●●	●●	○
0,01	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	0,04	0,045	0,05	0,055	0,06	0,065	0,07	●●	●●	●●	●●	●●	●●
x	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,03	0,035	0,04	0,045	0,05	0,055	0,06	0,065	0,07	●	●●	●	●●	●	●●
x	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,03	0,035	0,04	0,045	0,05	0,055	0,06	0,065	0,07	○	○	○	○	○	●●

- optimal geeignet
- gut geeignet
- nicht geeignet

Unser Programm:



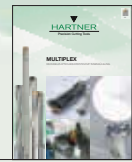
FU 500/FN 500



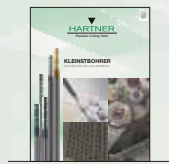
Tieflochbohrer



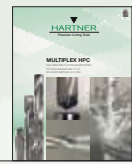
INOX-Bohrer



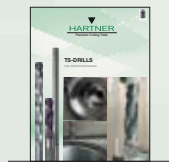
Multiplex



Kleinstbohrer



Multiplex HPC



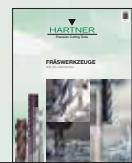
TS-Drills



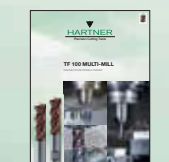
TM-Werkzeug-Ausgabesysteme



Gewindewerkzeuge



VHM Fräswerkzeuge



TF 100 Multi-Mill



M42-Spiralbohrer

Hartner GmbH

Postfach 10 04 27, D-72425 Albstadt

Tel. 0 74 31/1 25-0, Fax 0 74 31/1 25-21 547

www.hartner.de