



Technische Info

Gewindekernlöcher für Gewindebohrer

metrische ISO Gewinde

M	Steigung mm	Kernlochbohrung mm
1,0	0,25	0,75
1,1	0,25	0,85
1,2	0,25	0,95
1,4	0,30	1,10
1,6	0,35	1,25
1,7	0,35	1,30
1,8	0,35	1,45
2,0	0,40	1,60
2,2	0,45	1,75
2,3	0,40	1,90
2,5	0,45	2,05
2,6	0,45	2,10
3,0	0,50	2,50
3,5	0,60	2,90
4,0	0,70	3,30
4,5	0,75	3,70
5,0	0,80	4,20
6,0	1,00	5,00
7,0	1,00	6,00
8,0	1,25	6,80
9,0	1,25	7,80
10,0	1,50	8,50
11,0	1,50	9,50
12,0	1,75	10,20
14,0	2,00	12,00
16,0	2,00	14,00
18,0	2,50	15,50
20,0	2,50	17,50
22,0	2,50	19,50
24,0	3,00	21,00
27,0	3,00	24,00
30,0	3,50	26,50
33,0	3,50	29,50
36,0	4,00	32,00
39,0	4,00	35,00
42,0	4,50	37,50
45,0	4,50	40,50
48,0	5,00	43,00
52,0	5,00	47,00
56,0	5,50	50,50
60,0	5,50	54,50
64,0	6,00	58,00
68,0	6,00	62,00

metrische ISO Feingewinde

M	Steigung mm	Kernlochbohrung mm
2,5	0,35	2,15
3,0	0,35	2,65
3,5	0,35	3,15
4,0	0,50	3,50
4,5	0,50	4,00
5,0	0,50	4,50
5,5	0,50	5,00
6,0	0,75	5,20
7,0	0,75	6,20
8,0	0,75	7,20
8,0	1,00	7,00
9,0	0,75	8,20
9,0	1,00	8,00
10,0	0,75	9,20
10,0	1,00	9,00
10,0	1,25	8,80
11,0	0,75	10,20
11,0	1,00	10,00
12,0	1,00	11,00
12,0	1,25	10,80
12,0	1,50	10,50
14,0	1,00	13,00
14,0	1,25	12,80
14,0	1,50	12,50
15,0	1,00	14,00
15,0	1,50	13,50
16,0	1,00	15,00
16,0	1,50	14,50
17,0	1,00	16,00
17,0	1,50	15,50
18,0	1,00	17,00
18,0	1,50	16,50
18,0	2,00	16,00
20,0	1,00	19,00
20,0	1,50	18,50
20,0	2,00	18,00
22,0	1,00	21,00
22,0	1,50	20,50
22,0	2,00	20,00
24,0	1,00	23,00
24,0	1,50	22,50
24,0	2,00	22,00
25,0	1,00	24,00

metrische ISO Feingewinde

M	Steigung mm	Kernlochbohrung mm
25,0	1,50	23,50
25,0	2,00	23,00
26,0	1,50	24,50
27,0	1,00	26,00
27,0	1,50	25,50
27,0	2,00	25,00
28,0	1,00	27,00
28,0	1,50	26,50
28,0	2,00	26,00
30,0	1,00	29,00
30,0	1,50	28,50
30,0	2,00	28,00
30,0	3,00	27,00
30,0	2,00	30,00
33,0	1,50	31,50
33,0	2,00	31,00
33,0	3,00	30,00
35,0	1,50	33,50
36,0	1,50	34,50
36,0	2,00	34,00
36,0	3,00	33,00
38,0	1,50	36,50
39,0	1,50	37,50
39,0	2,00	37,00
39,0	3,00	36,00
40,0	1,50	38,50
40,0	2,00	38,00
40,0	3,00	37,00
42,0	1,50	40,50
42,0	2,00	40,00
42,0	3,00	39,00
45,0	1,50	43,50
45,0	2,00	43,00
45,0	3,00	42,00
48,0	1,50	46,50
48,0	2,00	46,00
48,0	3,00	45,00
50,0	1,50	48,50
50,0	2,00	48,00
50,0	3,00	47,00
52,0	1,50	50,50
52,0	2,00	50,00
52,0	3,00	49,00

Grobgewinde UNC

UNC	Gangzahl auf 1 Zoll	Kernlochbohrung mm
1	64	1,50
2	56	1,80
3	48	2,10
4	40	2,30
5	40	2,60
6	32	3,50
8	32	3,50
10	24	4,50
12	24	4,50
1/4"	20	5,20
5/16"	18	6,60
3/8"	16	8,00
7/16"	14	9,40
1/2"	13	10,75
9/16"	12	12,25
5/8"	11	13,50
3/4"	10	16,50
7/8"	9	19,50
1"	8	22,25
1 1/8"	7	25,00
1 1/4"	7	28,25
1 3/8"	6	30,75
1 1/2"	6	34,00
1 3/4"	5	39,50
2"	4,5	45,25

Unified Feingewinde

UNF	Gangzahl auf 1 Zoll	Kernlochbohrung mm
0	80	1,30
1	72	1,60
2	64	1,90
3	56	2,10
4	48	2,40
5	44	2,70
6	40	3,00
8	36	3,50
10	32	4,10
12	28	4,70
1/4"	28	5,50
5/16"	24	6,90
3/8"	24	8,50
7/16"	20	9,90
1/2"	20	11,50
9/16"	18	12,90
5/8"	18	14,50
3/4"	16	17,50
7/8"	14	20,40
1"	12	23,30
1 1/8"	12	26,50
1 1/4"	12	29,50
1 3/8"	12	32,70
1 1/2"	12	36,00

kegelige Rohrgewinde

	Gewindebohrer in Zoll	Kernlochbohrung mm
kegeliges Rohrgewinde	1/8	8,10
	1/4	10,70
	3/8	14,25
	1/2	17,70
	3/4	23,00
	1	29,00
	1 1/4	37,60
amerikanisches kegeliges Rohrgewinde NPT	1 1/2	43,50
	2	55,00
	1/16	6,10
	1/8	8,50
	1/4	11,00
	3/8	14,50
	1/2	18,00
amerikanisches kegeliges Rohrgewinde NPTF	3/4	23,00
	1	29,00
	1 1/4	38,00
	1 1/2	44,00
	2	56,00
	1/16	6,25
	1/8	8,60
1/4	11,10	
3/8	14,70	
1/2	17,85	
3/4	23,40	
1	29,40	
1 1/4	38,10	
1 1/2	44,00	
2	56,40	

Whitworth Gewinde

W	Gangzahl auf 1 Zoll	Kernlochbohrung mm
3/32"	48	1,80
1/8"	40	2,50
5/32"	32	3,10
3/16"	24	3,60
7/32"	24	4,40
1/4"	20	5,10
5/16"	18	6,50
3/8"	16	7,90
7/16"	14	9,30
1/2"	12	10,50
9/16"	12	12,00
5/8"	11	13,50
3/4"	10	16,50
7/8"	9	19,25
1"	8	22,00
1 1/8"	7	24,75
1 1/4"	7	27,75
1 3/8"	6	30,50
1 1/2"	6	33,50
1 5/8"	5	35,50
1 3/4"	5	39,00
1 7/8"	4,5	41,50
2"	4,5	44,50
2 1/4"	4	50,00
2 1/2"	4	56,50
2 3/4"	3,5	62,00
3"	3,5	68,50

Whitworth Gewinde

G	Gangzahl auf 1 Zoll	Kernlochbohrung mm
1/8"	28	8,80
1/4"	19	11,80
3/8"	19	15,25
1/2"	14	19,00
5/8"	14	21,00
3/4"	14	24,50
7/8"	14	28,25
1"	11	30,75
1 1/8"	11	35,50
1 1/4"	11	39,50
1 3/8"	11	42,00
1 1/2"	11	45,20
1 5/8"	11	49,60
1 3/4"	11	51,40
2"	11	57,20
2 1/4"	11	63,30
2 3/8"	11	67,00
2 1/2"	11	72,80
2 3/4"	11	79,10
3"	11	85,50
3 1/4"	11	91,50
3 1/2"	11	98,00
3 3/4"	11	104,00
4"	11	110,50

für Gewindeformer - metrische ISO Gewinde

M	Steigung mm	Kernlochbohrung mm
M3	0,50	2,75 ± 0,03
M4	0,70	3,65 ± 0,03
M5	0,80	4,60 ± 0,03
M6	1,00	5,55 ± 0,04
M8	1,25	7,40 ± 0,04
M10	1,50	9,30 ± 0,05
M12	1,75	11,10 ± 0,05
M14	2,00	13,10 ± 0,05

metrische ISO Feingewinde

M	Steigung mm	Kernlochbohrung mm
M3	0,50	2,75 ± 0,03
M4	0,70	3,65 ± 0,03
M5	0,80	4,60 ± 0,03
M6	1,00	5,55 ± 0,04
M8	1,25	7,40 ± 0,04
M10	1,50	9,30 ± 0,05
M12	1,75	11,10 ± 0,05
M14	2,00	13,10 ± 0,05

Formel für die Berechnung der Gewindekernlöcher
 $d = \text{Flanken-}\varnothing + \frac{\text{Steigung}}{5}$

Fehlerhaftes Gewindeschneiden und seine Ursachen

Gewindeschneiden ist ein schwieriges Verfahren. Das Ergebnis hängt von zahlreichen Faktoren ab, viele haben mit dem Gewindebohrer absolut nichts zu tun. Bevor man bei fehlerhaften Gewinden den Fehler beim Gewindebohrer sucht, sollte man zu-nächst alle anderen möglichen Fehlerquellen, wie Maschine, Vorrichtung oder falsche Anwendung untersuchen. Erst nach genauer Prüfung dieser Faktoren kann gesagt werden, ob das Problem beim Gewindebohrer zu suchen ist.

Nachstehend sind mögliche Ursachen, aus denen Fehler beim Gewindeschneiden resultieren, aufgeführt:

- 1 – ungeeignete oder in einem schlechten Zustand befindliche Maschine
- 2 – schlecht konzipierte oder mangelhafte Vorrichtung
- 3 – Spiel oder Rundlauffehler an der Spindel
- 4 – fehlerhafte Werkzeug- oder Werkstückspannung
- 5 – Versatz vom Gewindebohrer zur Bohrung
- 6 – falsche Auswahl des Gewindebohrers
- 7 – falscher Spanwinkel für den zu bearbeiten den Werkstoff
- 8 – verschlissener Gewindebohrer der nachgeschliffen werden muss
- 9 – falsche Bohrung, zu klein und konisch
- 10 – Schnittgeschwindigkeit zu hoch
- 11 – ungeeignete oder unzureichende Schmierung

ausgerissene Gewinde

Spanwinkel γ nicht richtig;
 falscher Gewindebohrer;
 Bohrungsdurchmesser zu klein;
 Schmiermittel falsch oder zu wenig

zu großes Gewinde

Anschnitt nicht zentrisch durch fehlerhaftes Nachschleifen;
 Rundlauffehler in der Spindel oder Werkzeugaufnahme;
 Versatz vom Gewindebohrer zur Bohrung;
 Schmiermittel falsch oder unzureichend;
 ungenaue Maschine oder Vorrichtung;
 Spänestau in den Nuten;
 fehlerhafte Werkstückspannung

schlechte Oberfläche am Gewinde

Gewindebohrer verschlissen (nachschiefen); Bohrung zu klein;
 Schmiermittel falsch oder unzureichend;
 Spanwinkel γ nicht richtig (falscher Gewindebohrer).

Gewinde zu klein oder zerstört

falscher Vorschub;
 axiales Spindel Spiel;
 zu langer Anschnitt (falscher Gewindebohrer)

Bruch des Gewindebohrers

Bohrung zu klein;
 verschlissener Gewindebohrer (hätte nachgeschliffen werden müssen);
 Spanwinkel γ nicht richtig (falscher Gewindebohrer);
 zu kurzer Anschnitt (falscher Gewindebohrer);
 Schnittgeschwindigkeit zu hoch

Spänestau in den Nuten

Einsatz des falschen Gewindebohrers;
 Schmierung falsch oder unzureichend

Ausbrechen des Gewindes am Gewindebohrer

Spanwinkel γ zu groß;
 Einsatz des falschen Gewindebohrers;
 Schnittgeschwindigkeit zu hoch;
 Klemmen der Späne beim Zurückdrehen

zu hoher Verschleiß am Gewindebohrer

Schnittgeschwindigkeit zu hoch;
 Spanwinkel γ falsch (falscher Gewindebohrer);
 zusätzliche Oberflächenbehandlung bzw. Beschichtung des Gewindebohrers erforderlich

Überhitzung des Gewindebohrers

Schmierung falsch oder unzureichend;
 Gewindebohrer verschlissen (nachschiefen)

Leistungsbedarf zu hoch

Bohrung zu klein;
 Gewindebohrer verschlissen (nachschiefen);
 Spanwinkel γ falsch (falscher Gewindebohrer);
 Schmierung falsch oder unzureichend

Schnittwertempfehlungen Maschinen-Gewindebohrer

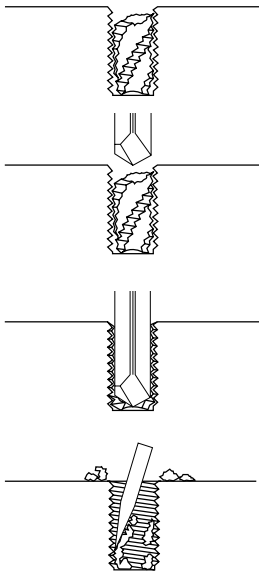
Einsatz	● sehr gut geeignet ○ gut geeignet	ISO P							ISO M	ISO K		ISO N			ISO S			ISO H	
		Kohlenstoff-Stahl			legierter Stahl	vergüteter-Stahl		Werkzeug Stahl	VA Stahl	Guss		Kupfer	Aluminium		Titan		Nickel	gehärteter Stahl	
		C ≤ 0,2 %	0,25-0,4%	C ≥ 0,45%		-35 HRc	35-45 HRc			GG	GGG	Cu-Leg.	Al	Al-Legierung	Ti	Ti-Legierung	Ni-Legierung	45-52 HRc	53-63 HRc
Schnittgeschw. Vc m/min.	unbesch.	5-20	5-15	5-12	5-10	2-8	2-6	5-10	5-12	8-20	8-20	10-12	20-25	10-40	2-6	2-6	2-6		
	besch.	5-40	5-30	5-24	5-20	2-12	2-12	5-20	5-24	8-30	8-30	10-20	30-40	10-60				2-6	2-3
Kühl-/ Schmiermittel	Emulsion	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
	Schneidöl	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Die angegebenen Richtwerte sind der Werkstückaufspannung und den Maschinenverhältnissen anzupassen!

Umrechnungsfaktoren und Schnittwertempfehlungen für Gewindeformer:

- HSS-Gewindeformer, unbeschichtet: Vc m/min. = Faktor 1,5
- HSS-Gewindeformer, beschichtet: Vc m/min. = Faktor 1,5
- VHM-Gewindeformer: Vc m/min. = 40-70

VHM-Ausbohrer, Ausbohren beschädigter Gewindebohrer



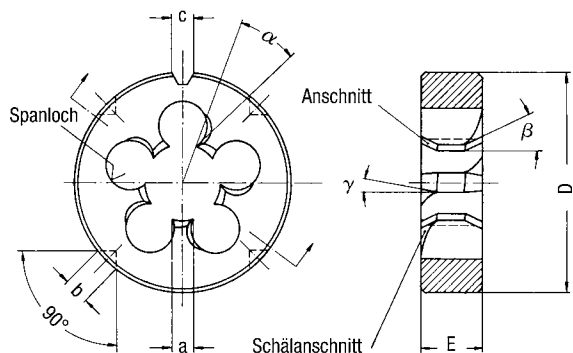
- Positionieren Sie den Bohrer am Zentrum des beschädigten Gewindebohrers; beachten Sie bitte, dass Werkstück und Bohrer gut eingespannt sind. Wenn der Kopf des beschädigten Gewindebohrers aus dem Werkstück herausragt, schleifen Sie die beschädigte Oberfläche glatt um das Zentrum des Gewindebohrers leichter anbohren zu können.
- Führen Sie eine erste Zentrierung mit geringem Vorschub durch, dann ziehen Sie den Bohrer zurück. Für diesen Schritt benutzen Sie bitte kein Schmiermittel.
- Wählen Sie den entsprechenden Bohrer mittels den vorgenannten Auswahlkriterien. Bohren Sie das Loch mit festem Vorschub/Geschwindigkeit; unterbrechen Sie den Vorgang gelegentlich, um Späne zu entfernen. Bitte verwenden Sie ausreichend qualitativ hochwertiges Schmiermittel.
- Wenn die Bohrung gesäubert ist, können die verbliebenen Reste des Gewindebohrers mittels Anreißnadel oder ähnlich spitzem Werkzeug leicht entfernt werden, das Gewindeschneiden kann dann fortgesetzt werden.

Schnittwerte und Anmerkungen

- Vc = ca. 20 – 25 m/min
- Vorschub f = ca. 0,01 – 0,05 mm/U
- Wählen Sie eine stabile Aufspannung
- Setzen Sie ein qualitativ hochwertiges Schmiermittel ein
- Dieses Werkzeug sollte nicht bei der Bearbeitung weicher Stähle, Aluminiumlegierungen oder anderer weicher Materialien eingesetzt werden
- Das Werkzeug sollte von Zeit zu Zeit nachgeschärft werden

Begriffe und Maßerklärungen für Gewindeschneideisen

- D Außendurchmesser (n. DIN, Toleranz f10)
- E Breite
- a Zahnbreite
- c Nutbreite
- b Durchmesser der Bohrung für Halteschraube
- a Spanwinkel
- b Anschnittwinkel, halber Senkwinkel
- g Schälanschnittwinkel



Schneideisentoleranzen

Standardmäßig liefern wir Schneideisen für die Toleranzklasse „mittel“. Schneideisen für andere Toleranzklassen auf Anfrage lieferbar.

Einsatz-Richtwerte für Maschinen-Reibahlen aus HSS/E

V_c = Schnittgeschwindigkeit (m/min)
 f = Vorschub pro Umdrehung (mm)
 n = Drehzahl (min⁻¹) - mittlerer Wert

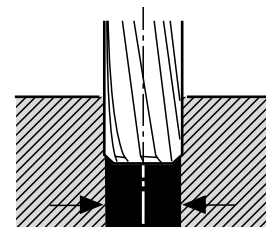
TIN-beschichtete Reibahlen
 f bis 100% höher als bei unbeschichteten Reibahlen
 V_c kann bis 50% erhöht werden

ISO	Werkstoff		Reibahlen-Durchmesser (mm)								Kühl- und Schmiermittel		
			5	8	10	15	20	25	30	40		50	
P	Stahl bis 500 N/mm ²	Vc	10-12	10-12	10-12	10-12	10-12	10-12	10-12	10-12	10-12	Flussstahl: Bohrölmulsion, Talg, Schneidöl	
		f	0,1	0,13	0,15	0,2	0,25	0,25	0,3	0,35	0,4		
		n	700	440	350	232	176	137	115	88	71		
	Stahl 500-700 N/mm ²	Vc	8-10	8-10	8-10	8-10	8-10	8-10	8-10	8-10	8-10	Werkzeugstahl: Rapsölersatz	
		f	0,1	0,13	0,15	0,2	0,25	0,25	0,3	0,35	0,4		
		n	572	358	288	191	143	115	95	72	58		
Stahl 700-900 N/mm ²	Vc	6-8	6-8	6-8	6-8	6-8	6-8	6-8	6-8	6-8	Legierter Stahl: Rapsölersatz, Schneidöl		
	f	0,1	0,13	0,15	0,2	0,25	0,25	0,3	0,35	0,4			
	n	445	278	222	148	111	89	74	56	45			
Stahl 900-1100 N/mm ²	Vc	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	Hitzebeständiger und INOX Stahl: Bohröl		
	f	0,08	0,1	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4			
	n	318	198	159	106	80	64	53	40	32			
Stahlguss 400-500 N/mm ²	Vc	6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	Rapsöl		
	f	0,1	0,13	0,15	0,2	0,25	0,25	0,3	0,35	0,49			
	n	510	318	254	170	127	102	85	64	51			
Stahlguss 500-700 N/mm ²	Vc	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	Rapsöl		
	f	0,07	0,08	0,1	0,13	0,18	0,18	0,22	0,25	0,3			
	n	318	198	159	106	80	64	53	40	32			
K	Grauguss bis 200 HB	Vc	8-10	8-10	8-10	8-10	8-10	8-10	8-10	8-10	8-10	Trocken, Rapsöl	
		f	0,18	0,2	0,23	0,25	0,3	0,3	0,35	0,4	0,45		
		n	572	358	288	191	143	115	95	72	58		
	Grauguss über 200 HB	Vc	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	Trocken, Rapsöl	
f		0,12	0,15	0,17	0,2	0,25	0,25	0,3	0,35	0,4			
n		318	198	159	106	80	64	53	40	32			
Temperguss bis 450 N/mm ²	Vc	8-10	8-10	8-10	8-10	8-10	8-10	8-10	8-10	8-10	Trocken, Bohrölmulsion		
	f	0,18	0,2	0,23	0,25	0,3	0,3	0,35	0,4	0,45			
	n	572	358	288	191	143	115	95	72	58			
Temperguss 450-600 N/mm ²	Vc	6-8	6-8	6-8	6-8	6-8	6-8	6-8	6-8	6-8	Trocken, Bohrölmulsion		
	f	0,15	0,18	0,2	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,4			
	n	445	278	222	148	111	89	74	56	45			
N	Kupfer	Vc	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12	Bohrölmulsion	
		f	0,15	0,18	0,2	0,25	0,3	0,3	0,35	0,4	0,45		
		n	636	398	318	212	158	127	106	80	54		
	Messing,	zäh	Vc	10-12	10-12	10-12	10-12	10-12	10-12	10-12	10-12	10-12	Trocken, Rapsöl, Bohrölmulsion
			f	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,4	0,45	0,5	0,6	
	spröde	Vc	12-14	12-14	12-14	12-14	12-14	12-14	12-14	12-14	12-14		
f		0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,4	0,45	0,5	0,6			
Leichtmetalle	Vc	15-20	15-20	15-20	15-20	15-20	15-20	15-20	15-20	15-20	Alu, zäh: Terpentinölersatz und Petroleum 4:5 Alu, ausgehärtet: Rapsöl		
	f	0,15	0,18	0,2	0,25	0,3	0,3	0,35	0,4	0,45			
	n	1140	720	573	382	288	225	189	144	117			
Silumin	Vc	10-12	10-12	10-12	10-12	10-12	10-12	10-12	10-12	10-12	Petroleum, Terpentinöl		
	f	0,15	0,18	0,2	0,25	0,3	0,3	0,35	0,4	0,4			
	n	700	440	350	232	176	137	115	88	71			
Kunststoff,	hart	Vc	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	Trocken, Pressluft, kein Wasser	
		f	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,45	0,5	0,5		
	weich	Vc	6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	6-10		
		f	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,6		
n	510	318	254	170	127	102	85	64	51				

Untermaße zum Reiben (Richtwerte)

Normal wird das vorgebohrte Loch in einem Arbeitsgang gerieben, wofür bei Verwendung fester Reibahlen die in nachstehender Tabelle angegebenen Untermaße empfohlen werden.

Werkstoff	Durchmesserbereich der Bohrung in mm					
	3 bis 10	5 bis 10	10 bis 20	20 bis 30	über 30	
Stahl bis 700 N/mm ²	0,1-0,2 mm	0,2 mm	0,2-0,3 mm	0,3-0,4 mm	0,4-0,5 mm	
Stahl 700-1100 N/mm ²	0,1-0,2 mm	0,2 mm	0,2 mm	0,3 mm	0,3-0,4 mm	
Stahlguss	0,1-0,2 mm	0,2 mm	0,2 mm	0,2-0,3 mm	0,3-0,4 mm	
Grauguss	0,1-0,2 mm	0,2 mm	0,2-0,3 mm	0,3-0,4 mm	0,4-0,5 mm	
Temperguss	0,1-0,2 mm	0,2 mm	0,3 mm	0,4 mm	0,5 mm	
Kupfer	0,1-0,2 mm	0,2-0,3 mm	0,3-0,4 mm	0,4-0,5 mm	0,5 mm	
Messing, Bronze	0,1-0,2 mm	0,2 mm	0,2-0,3 mm	0,3 mm	0,3-0,4 mm	
Leichtmetalle	0,1-0,2 mm	0,2-0,3 mm	0,3-0,4 mm	0,4-0,5 mm	0,5 mm	
Kunststoffe	hart	0,1-0,2 mm	0,3 mm	0,4 mm	0,4-0,5 mm	0,5 mm
	weich	0,1-0,2 mm	0,2 mm	0,2 mm	0,3 mm	0,3-0,4 mm



Bei Verwendung von Reibahlen mit geschlitztem Körper und Reibahlen mit eingesetzten Messern soll die Reibzugabe verringert werden.

Bei sehr hohen Anforderungen an die Lochwandungsgüte und bei besonders harten Werkstoffen wird vor- und fertiggerieben, wobei zweckmäßigerweise die neben stehenden Tabellenwerte in zwei gleichen Teilen gerieben werden.

Zu geringe Spanabnahme hat meistens vorzeitige Abstumpfung zur Folge, weil die Zähne nicht mehr zum Schneiden kommen, sondern lediglich die Bohrung aufdrücken.

Schnittwertempfehlungen Maschinen-Reibahlen aus Hartmetall bzw. Hartmetallbohrer

V_c = Schnittgeschwindigkeit (m/min)
 f = Vorschub pro Umdrehung (mm)
 n = Drehzahl (min⁻¹) - mittlerer Wert

ISO	Werkstoff		Reibahlen-Durchmesser (mm)								Kühl- und Schmiermittel	
			5	8	10	15	20	25	30	40		50
P	Stahl bis 700 N/mm ²	Vc	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15	Flussstahl: Bohrólemulsion, Talg, Schneidöl Werkzeugstahl: Rapsölersatz Legierter Stahl: Rapsölersatz, Schneidöl Hitzebeständiger und INOX Stahl: Bohról
		f	0,15	0,18	0,2	0,25	0,3	0,3	0,35	0,4	0,5	
		n	796	498	398	266	198	159	133	100	80	
	Stahl 700-1000 N/mm ²	Vc	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12	
		f	0,15	0,18	0,2	0,25	0,3	0,3	0,35	0,4	0,5	
K	Stahl 1000-1400 N/mm ²	Vc	6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	Rapsöl
		f	0,12	0,15	0,15	0,18	0,2	0,2	0,25	0,3	0,4	
		n	510	318	254	170	127	102	85	64	51	
	Stahlguss 400-500 N/mm ²	Vc	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12	
		f	0,15	0,18	0,2	0,25	0,3	0,3	0,35	0,4	0,5	
N	Stahlguss 500-700 N/mm ²	Vc	6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	Rapsöl
		f	0,12	0,15	0,15	0,18	0,2	0,2	0,25	0,3	0,4	
		n	510	318	254	170	127	102	85	64	51	
	Grauguss bis 200 HB	Vc	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12	
		f	0,2	0,26	0,3	0,35	0,4	0,4	0,45	0,5	0,6	
N	Grauguss über 200 HB	Vc	6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	Trocken, Rapsöl
		f	0,15	0,18	0,2	0,25	0,3	0,3	0,35	0,4	0,5	
		n	636	398	318	212	158	127	106	80	64	
	Temperguss	Vc	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12	
		f	0,3	0,36	0,4	0,45	0,5	0,5	0,55	0,6	0,7	
N	Kupfer	Vc	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30	Bohrólemulsion
		f	0,2	0,26	0,3	0,35	0,4	0,4	0,45	0,5	0,6	
		n	1592	995	796	531	398	318	255	199	159	
	Messing Rotguss	Vc	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25	
		f	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,4	0,45	0,5	0,6	
N	Gussbronze	Vc	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25	Bohrólemulsion
		f	0,15	0,18	0,2	0,25	0,3	0,3	0,35	0,4	0,45	
		n	1272	798	637	425	318	255	199	159	159	
	Aluminium- Legierungen über 80 Brinell	Vc	10-12	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25	
		f	0,15	0,2	0,26	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,5	
N	Kunststoffe	Vc	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25	Trocken, Pressluft, kein Wasser
		f	0,3	0,36	0,4	0,45	0,5	0,5	0,55	0,6	0,7	
		n	1272	798	637	425	318	255	199	159	159	
	Alu, zäh:	f	0,3	0,36	0,4	0,45	0,5	0,5	0,55	0,6	0,7	
		n	1272	798	637	425	318	255	199	159	159	

Untermaße zum Reiben (Richtwerte)

Normal wird das vorgebohrte Loch in einem Arbeitsgang gerieben, wofür bei Verwendung fester Reibahlen die in nachstehender Tabelle angegebenen Untermaße empfohlen werden.

Werkstoff	Durchmesserbereich der Bohrung in mm					
	3 bis 10	5 bis 10	10 bis 20	20 bis 30	über 30	
Stahl bis 700 N/mm ²	0,1-0,2 mm	0,2 mm	0,2-0,3 mm	0,3-0,4 mm	0,4-0,5 mm	
Stahl 700-1100 N/mm ²	0,1-0,2 mm	0,2 mm	0,2 mm	0,3 mm	0,3-0,4 mm	
Stahlguss	0,1-0,2 mm	0,2 mm	0,2 mm	0,2-0,3 mm	0,3-0,4 mm	
Grauguss	0,1-0,2 mm	0,2 mm	0,2-0,3 mm	0,3-0,4 mm	0,4-0,5 mm	
Temperguss	0,1-0,2 mm	0,2 mm	0,3 mm	0,4 mm	0,5 mm	
Kupfer	0,1-0,2 mm	0,2-0,3 mm	0,3-0,4 mm	0,4-0,5 mm	0,5 mm	
Messing, Bronze	0,1-0,2 mm	0,2 mm	0,2-0,3 mm	0,3 mm	0,3-0,4 mm	
Leichtmetalle	0,1-0,2 mm	0,2-0,3 mm	0,3-0,4 mm	0,4-0,5 mm	0,5 mm	
Kunststoffe	hart	0,1-0,2 mm	0,3 mm	0,4 mm	0,4-0,5 mm	0,5 mm
	weich	0,1-0,2 mm	0,2 mm	0,2 mm	0,3 mm	0,3-0,4 mm

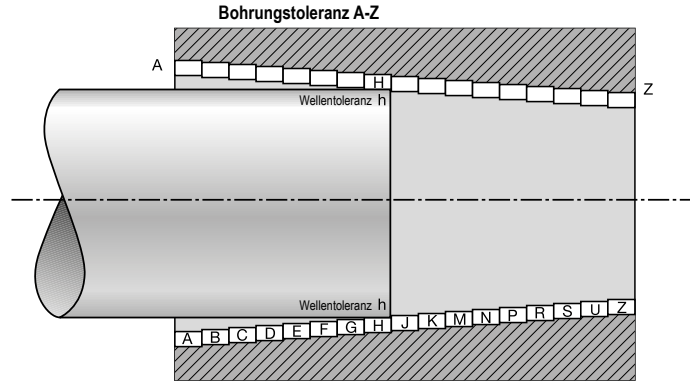
Bei Verwendung von Reibahlen mit geschlitztem Körper und Reibahlen mit eingesetzten Messern soll die Reibzugabe verringert werden.

Bei sehr hohen Anforderungen an die Lochwandungsgüte und bei besonders harten Werkstoffen wird vor- und fertiggerieben, wobei zweckmäßigerweise die neben stehenden Tabellenwerte in zwei gleichen Teilen gerieben werden.

Zu geringe Spanabnahme hat meistens vorzeitige Abstumpfung zur Folge, weil die Zähne nicht mehr zum Schneiden kommen, sondern lediglich die Bohrung aufdrücken.

(Auszug aus DIN 7155)
Nennmaße in μ (= 0,001 mm)

Beim System Einheitswelle erhalten alle Wellen h-Toleranzen. Das Größtmaß einer Welle geht dadurch bis zur Nulllinie und ist gleich dem Nennmaß. Das Kleinmaß der Welle ist um die Toleranz kleiner als ihr Nennmaß.



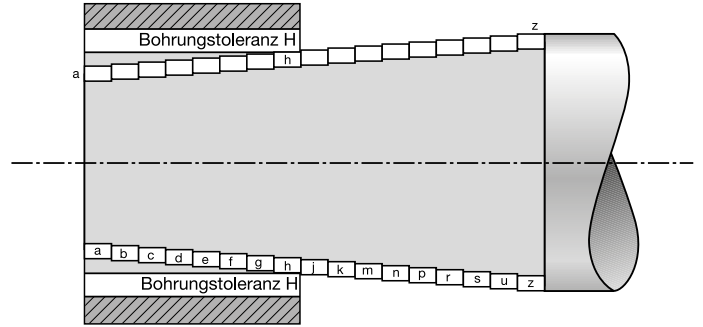
*) Vorzugsweise nach DIN 7157 (S = Spielpassung)

Bohrungen	Passungsart*)	Nennmaß über... bis... mm																		
		1 3	3 6	6 10	10 14	14 18	18 24	24 30	30 40	40 50	50 65	65 80	80 100	100 120	120 140	140 160	160 180	180 200	200 225	225 250
Welle h5		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		-4	-5	-6	-8	-9	-11	-13	-15	-18	-21	-26	-30	-36	-40	-45	-52	-61	-70	-80
P 6		-6	-9	-12	-15	-18	-21	-26	-30	-36	-45	-52	-61	-70	-80	-90	-100	-110	-120	-130
N 6		-4	-5	-7	-9	-11	-12	-14	-16	-20	-24	-28	-33	-38	-45	-51	-58	-66	-75	-85
M 6		-2	-1	-3	-4	-4	-4	-5	-6	-8	-10	-12	-15	-18	-22	-27	-33	-40	-48	-58
J 6		+3	+5	+5	+6	+8	+10	+13	+16	+20	+24	+28	+33	+38	+45	+51	+58	+66	+75	+85
H 6		+6	+8	+9	+11	+13	+16	+19	+22	+27	+33	+40	+48	+58	+66	+75	+85	+96	+108	+120
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Welle h6		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		-6	-8	-9	-11	-13	-16	-19	-22	-27	-33	-40	-48	-58	-66	-75	-85	-96	-108	-120
S 7		-14	-15	-17	-21	-27	-34	-42	-48	-58	-66	-77	-85	-93	-105	-113	-123	-133	-143	-153
R 7		-10	-11	-13	-16	-20	-25	-30	-32	-38	-41	-48	-50	-53	-60	-63	-67	-73	-77	-83
N 7		-4	-4	-4	-5	-7	-8	-9	-10	-12	-14	-17	-19	-22	-25	-28	-32	-36	-40	-45
M 7		-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K 7		+3	+3	+5	+6	+6	+7	+9	+10	+12	+14	+17	+19	+22	+25	+28	+32	+36	+40	+45
J 7		+3	+6	+8	+10	+12	+14	+18	+22	+26	+30	+36	+41	+45	+50	+55	+60	+66	+72	+78
H 7	S	+9	+12	+15	+18	+21	+25	+30	+35	+40	+45	+50	+55	+60	+66	+72	+78	+84	+90	+96
G 7	S	+12	+16	+20	+24	+28	+34	+40	+47	+54	+60	+68	+76	+83	+90	+98	+106	+114	+122	+130
F 7		+16	+22	+28	+34	+41	+50	+60	+71	+83	+96	+110	+125	+140	+155	+170	+185	+200	+215	+230
		+6	+13	+18	+24	+30	+36	+43	+50	+58	+66	+75	+83	+92	+100	+108	+116	+124	+132	+140
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Welle h9		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		-25	-30	-36	-43	-52	-62	-74	-87	-100	-115	-130	-145	-160	-175	-190	-205	-220	-235	-250
H 8	S	+14	+18	+22	+27	+33	+39	+46	+54	+63	+72	+81	+90	+100	+110	+120	+130	+140	+150	+160
H 11	S	+60	+75	+90	+110	+130	+160	+190	+220	+250	+290	+330	+370	+410	+450	+490	+530	+570	+610	+650
F 8	S	+20	+28	+35	+43	+53	+64	+76	+90	+106	+122	+139	+156	+173	+190	+207	+224	+241	+258	+275
E 9	S	+39	+50	+61	+75	+92	+112	+134	+159	+185	+212	+239	+266	+293	+320	+347	+374	+401	+428	+455
D 10	S	+60	+78	+98	+120	+149	+180	+220	+260	+305	+355	+405	+455	+505	+555	+605	+655	+705	+755	+805
C 11	S	+120	+145	+170	+205	+240	+280	+330	+390	+450	+510	+570	+630	+690	+750	+810	+870	+930	+990	+1050
		+60	+75	+80	+95	+110	+120	+130	+140	+150	+160	+170	+180	+190	+200	+210	+220	+230	+240	+250
Welle h11		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		-60	-75	-90	-110	-130	-160	-190	-220	-250	-290	-330	-370	-410	-450	-490	-530	-570	-610	-650
H 11	S	+60	+75	+90	+110	+130	+160	+190	+220	+250	+290	+330	+370	+410	+450	+490	+530	+570	+610	+650
D 11	S	+80	+105	+130	+160	+195	+240	+290	+340	+395	+450	+505	+560	+615	+670	+725	+780	+835	+890	+945
C 11	S	+120	+145	+170	+205	+240	+280	+330	+390	+450	+510	+570	+630	+690	+750	+810	+870	+930	+990	+1050
A 11	S	+330	+345	+370	+400	+430	+470	+530	+600	+670	+740	+810	+880	+950	+1020	+1090	+1160	+1230	+1300	+1370
		+270	+270	+280	+290	+300	+310	+320	+330	+340	+350	+360	+370	+380	+390	+400	+410	+420	+430	+440

ISO-Passungen System Einheitsbohrung

(Auszug aus DIN 7154)
Nennmaße in μ ($= 0,001$ mm)

Bei diesem System werden alle Bohrungen einheitlich mit einer H-Toleranz gefertigt. Das Kleinmaß einer Bohrung geht dadurch genau bis zur Nulllinie und ist gleich dem Nennmaß. Das Größtmaß geht um die Toleranz über die Nulllinie hinaus.



*) Vorzugsweise nach DIN 7157 (P = Presspassung, S = Spielpassung, Ü = Übergangspassung)

Bohrungen	Passungsart*)	Nennmaß über... bis... mm																			
		1 3	3 6	6 10	10 14	14 18	18 24	24 30	30 40	40 50	50 65	65 80	80 100	100 120	120 140	140 160	160 180	180 200	200 225	225 250	
Bohrung H5		+6 0	+8 0	+9 0	+11 0	+13 0	+16 0	+19 0	+22 0	+25 0	+29 0										
p5		+10 +6	+17 +12	+21 +15	+26 +18	+31 +22	+37 +26	+45 +32	+52 +37	+61 +43	+70 +50										
n5		+8 +4	+13 +18	+16 +10	+20 +12	+24 +15	+28 +17	+33 +20	+38 +23	+45 +27	+51 +31										
k6		+6 0	+9 -1	+10 +1	+12 +1	+15 +2	+18 +2	+21 +2	+25 +3	+28 +3	+33 +4										
j6		+4 -2	+6 -2	+7 -2	+8 -3	+9 -4	+11 -5	+12 -7	+13 -9	+14 -11	+16 -13										
h5		0 -4	0 -5	0 -6	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -15	0 -18	0 -20										
Bohrung H6		+10 0	+12 0	+15 0	+18 0	+21 0	+25 0	+30 0	+35 0	+40 0	+46 0										
s6	P	+20 +14	+27 +19	+32 +23	+39 +28	+48 +35	+59 +43	+72 +35	+78 +59	+93 +71	+101 +79	+117 +92	+125 +100	+133 +108	+151 +122	+159 +130	+169 +140				
r6	P	+16 +10	+23 +15	+28 +19	+34 +23	+41 +28	+50 +34	+60 +41	+62 +43	+73 +51	+76 +54	+88 +63	+90 +65	+93 +68	+106 +77	+109 +80	+113 +84				
n6	Ü	+10 +4	+16 +8	+19 +10	+23 +12	+28 +15	+33 +17	+39 +20	+45 +23	+52 +27	+60 +31										
m6		+8 +2	+12 +4	+15 +6	+18 +7	+21 +8	+25 +9	+30 +11	+35 +13	+40 +15	+46 +17										
k6	Ü	+6 0	+9 -1	+10 +1	+12 +1	+15 +2	+18 +2	+21 +2	+25 +3	+28 +3	+33 +4										
j6	Ü	+4 -2	+6 -2	+7 -2	+8 -3	+9 -4	+11 -5	+12 -7	+13 -9	+14 -11	+16 -13										
h6	S	0 -6	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -16	0 -19	0 -22	0 -25	0 -29										
g6	S	-2 -8	-4 -12	-5 -14	-6 -17	-7 -20	-9 -25	-10 -29	-12 -34	-14 -39	-15 -44										
f7	S	-6 -16	-10 -22	-13 -28	-16 -34	-20 -41	-25 -50	-30 -60	-36 -71	-43 -83	-50 -96										
Bohrung H9		+14 0	+18 0	+22 0	+27 0	+33 0	+39 0	+46 0	+54 0	+63 0	+72 0										
x8	P	+34 +20	+46 +28	+56 +34	+67 +40	+72 +45	+87 +54	+97 +64	+119 +80	+136 +97	+168 +122	+192 +146	+232 +178	+264 +210	+311 +248	+343 +280	+373 +310	+422 +350	+457 +385	+497 +425	
u8	P	- -	- -	- -	- -	- -	+81 +60	+99 +70	+109 +70	+133 +87	+148 +102	+178 +124	+198 +144	+233 +170	+253 +190	+273 +210	+308 +236	+330 +258	+366 +284		
h9	S	0 -25	0 -30	0 -36	0 -43	0 -52	0 -62	0 -74	0 -87	0 -100	0 -115										
f7	S	-6 -16	-10 -22	-13 -28	-16 -34	-20 -41	-25 -50	-30 -60	-36 -71	-43 -83	-50 -96										
d9	S	-20 -45	-30 -60	-40 -76	-50 -93	-65 -117	-80 -142	-100 -174	-120 -207	-145 -245	-170 -285										
Bohrung H11		+60 0	+75 0	+90 0	+110 0	+130 0	+160 0	+190 0	+220 0	+250 0	+290 0										
h9	S	0 -25	0 -30	0 -36	0 -43	0 -52	0 -62	0 -74	0 -87	0 -100	0 -115										
h11	S	0 -60	0 -75	0 -90	0 -110	0 -130	0 -160	0 -190	0 -220	0 -250	0 -290										
d9	S	-20 -45	-30 -60	-40 -76	-50 -93	-65 -117	-80 -142	-100 -174	-120 -207	-145 -245	-170 -285										
d9	S	-60 -120	-70 -145	-80 -170	-95 -205	-110 -240	-120 -280	-130 -290	-140 -330	-150 -340	-170 -390	-180 -400	-200 -450	-210 -460	-230 -480	-245 -530	-260 -550	-280 -570			
c11	S	-270 -330	-270 -345	-280 -370	-290 -400	-300 -430	-310 -470	-320 -480	-340 -530	-360 -550	-380 -600	-410 -630	-460 -710	-520 -770	-580 -830	-660 -950	-740 -1030	-870 -1110			

Ergänzung zu ISO-Passungen System Einheitsbohrung

(Auszug aus DIN 7160)
Nennmaße in μ (= 0,001 mm)

Wellen	Nennmaß über... bis... mm										
	1 3	3 6	6 10	10 18	18 30	30 50	50 80	80 120	120 180	180 250	
Nennmaß über... bis... mm	d 11	-20 -80	-30 -105	-40 -130	-50 -160	-65 -195	-80 -240	-100 -290	-120 -340	-145 -395	-170 -460
	e 8	-14 -28	-20 -38	-25 -47	-32 -59	-40 -73	-50 -89	-60 -106	-72 -126	-85 -148	-100 -172
	f 9	-6 -31	-10 -40	-13 -49	-16 -59	-20 -72	-25 -87	-30 -104	-36 -123	-43 -143	-50 -165
	h 7	0 -10	0 -12	0 -15	0 -18	0 -21	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -46
	h 8	0 -14	0 -18	0 -22	0 -27	0 -33	0 -39	0 -46	0 -54	0 -63	0 -72
	h 10	0 -40	0 -48	0 -58	0 -70	0 -84	0 -100	0 -120	0 -140	0 -160	0 -185
	h 12	0 -100	0 -120	0 -150	0 -180	0 -210	0 -250	0 -300	0 -350	0 -400	0 -460
	js 11	+30 -30	+38 -37	+45 -45	+55 -55	+65 -65	+80 -80	+95 -95	+110 -110	+125 -125	+145 -145
	js 14	+125 -125	+150 -150	+180 -180	+215 -215	+260 -260	+310 -310	+370 -370	+435 -435	+500 -500	+575 -575
	js 16	+300 -300	+375 -375	+450 -450	+550 -550	+650 -650	+800 -800	+950 -950	+1100 -1100	+1250 -1250	+1450 -1450
	k 10	+40 0	+48 0	+58 0	+70 0	+84 0	+100 0	+120 0	+140 0	+160 0	+185 0
	k 11	+60 0	+75 0	+90 0	+110 0	+130 0	+160 0	+190 0	+220 0	+250 0	+290 0
	k 12	+90 0	+120 0	+150 0	+180 0	+210 0	+250 0	+300 0	+350 0	+400 0	+460 0
	k 16	+600 0	+750 0	+900 0	+1100 0	+1300 0	+1600 0	+1900 0	+2200 0	+2500 0	+2900 0

Richtwerte für Oberflächengüten

Rautiefenbereich Rz μ m	Rt-Angabe μ m	entspricht Ra-Wert	ISO-Rauheits- klasse	ISO 1302	Eckenradius r (mm) und Vorschub f (mm)			
					r = 0,4	r = 0,8	r = 1,2	r = 1,6
63-100	Rt 100	12,5 - 25	N 11	25,0	-	0,51	0,69	0,88
40- 63	Rt 63	6,3 - 25	N 10	12,5	0,27	0,43	0,56	0,68
31,5- 40	Rt 40	4,9 - 6,3	N 9	6,3	0,25	0,37	0,49	0,57
25- 31,5	Rt 31,5	4,0 - 4,9	N 9	6,3	0,22	0,32	0,41	0,47
16- 25	Rt 25	2,5 - 4,0	N 8	3,2	0,20	0,28	0,36	0,39
10- 16	Rt 16	1,6 - 2,5	N 8	3,2	0,15	0,22	0,29	0,31
6,3- 10	Rt 10	1,0 - 1,6	N 7	1,6	0,10	0,13	0,18	0,20

Berechnungsformel (theoretischer Wert):

$$R_t = \frac{f^2}{8 \times r} \times 1000 \text{ (}\mu\text{m)}$$

R_t = Oberflächenbeschaffenheit (μ m)

f = Vorschub (mm/U)

r = Eckenradius (mm)

Vorschubberechnung:

$$f = \sqrt{\frac{R_t \times 8 \times r}{1000}} \text{ (mm)}$$

SI-Einheiten - internationale Maßeinheiten

Die wichtigsten Vorsatzzeichen und ihre Anwendung

Mega	M	1 000 000 = 10 ⁶	1 MW =	1 000 000 W
Kilo	k	1 000 = 10 ³	1 kW =	1 000 W
Hekto	h	100 = 10 ²	1 hl =	100 l
Deka	da	10	1 daN =	10 N
Dezi	d	0,1 = 10 ⁻¹	1 dm =	0,1 m
Zenti	c	0,01 = 10 ⁻²	1 cm =	0,01 m
Milli	m	0,001 = 10 ⁻³	1 mm =	0,001 m
Mikro	μ	0,000001 = 10 ⁻⁶	1 μm =	0,000001 m

Bisherige Namen und Einheitszeichen, die beibehalten werden

Größe	Namen	Zeichen	Beziehungen zur SI-Einheit
Volumen	Liter	l	1 l = 1 dm ³ = 0,001 m ³
Masse	Tonne	t	1 t = 1 Mg = 1000 kg
Druck	Bar	bar	1 bar = 10 ⁵ Pa
Fläche	Ar	a	1 a = 10 ³ m ²
Winkel	Grad	°	1° = 17,45 mrad
	Minute	'	1'/60 = 0,291 mrad
	Sekunde	"	1"/60 = 4,85 rad
Zeit	Minute	min	1 min = 60 s
	Stunde	h	1 h = 3600 s
Geschwindigkeit		km/h	1 km/h = 1/3,6 m/s
		m/s	1 m/s = 3,6 km/h

Durch das SI-System kann eindeutig zwischen Kraft einerseits und Masse (Gewicht) andererseits unterschieden und die Verwirrung zwischen den Begriffen kp und kg ausgeräumt werden.

Die Einheit der Kraft ist das Newton (N)
 Die Einheit der Masse (Gewicht) ist das Kilogramm (kg)
 Der Unterschied wird durch die Fallbeschleunigung von 9,81 m/s² hervorgerufen.

Die wichtigsten Umrechnungen zwischen den bisherigen und den neuen SI-Einheiten

SI-Einheiten zur bisherigen Einheit:

1 N	=	0,102 kp
1 Nm	=	0,102 kpm (= 1 Joule)
1 W	=	0,102 kpm/s (= 1 J/s)
1 kW	=	1,36 PS
1 KW	=	860 kcal/h
1 J	=	0,102 kpm
1 J	=	0,239 cal
1 Pa	= (1 N/m ²) =	0,102 kp/m ²
K	=	°C + 273,15

Bisherige Einheit zur SI-Einheit:

1 kp	=	9,81 N
1 kpm	=	9,81 Nm
1 kpm/s	=	9,81 W
1 PS	=	0,736 kW
1 kcal/h	=	1,16 · 10 ⁻³ kW = 0,00116 kW
1 kpm	=	9,81 J
1 cal	=	4,19 J
1 kp/m ²	=	9,81 Pa = 9,81 N/m ²

Aus den Tabellen ist zu ersehen, dass
 1 kp = 9,81 N bzw. 1 N = 0,102 kp ist.

Mit einer Fehlerquote von nur 2 Prozent liegen kp und N um den Faktor 10 auseinander.

In der Praxis rechnet man daher mit folgenden Werten:

1 kp	=	10 N
1 N	=	0,1 kp

Die wichtigsten SI-Einheiten*

Größe	Name	Zeichen
Länge	Meter	m
Masse	Kilogramm	kg
Zeit	Sekunde	s
Elektr. Stromstärke	Ampere	A
Kraft	Newton	N
Drehmoment	Newtonmeter	Nm
Leistung	Watt	W
Energie (Arbeit)	Joule	J
Druck	Pascal	Pa
Temperatur**	Kelvin	K

Energie/Arbeit (Joule)

Die Energieeinheit hat 3 zahlgleiche Bezeichnungen:

1. Das Newtonmeter Nm (Mechanische Energieform)
2. Die Wattsekunde Ws (Elektrische Energieform)
3. Das Joule J (Kalorische Energieform)

Durch die Wahl der Bezeichnungen kann zum Ausdruck gebracht werden, ob es sich um mechanische, elektrische oder kalorische Energieformen handelt:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws (in Bezug auf die absolute Größe)}$$

Umrechnung mechanischer Spannungen

Einheit	N/mm ²	PA	kp/mm ²
1 N/mm ²	1	106	0,102
1 PA	10 ⁶	1	0,102 – 10 ⁶
1 kp/mm ²	9,81	9,81 – 106	1

Auch hier wird in der Praxis mit ausreichender Genauigkeit (2 Prozent Abweichung) wie folgt gerechnet:

1 N/mm ²	=	0,1 kp/mm ²
1 kp/mm ²	=	10 N/mm ²

Zum Beispiel:

1. Ein Träger wird belastet mit 10 kN
 2. Der Träger wiegt 200 kg
- Die Kelvin-Skala beginnt beim absoluten Nullpunkt = -273,15°C

Folgende Tabelle soll den Zusammenhang °C und K deutlich machen:

	Kelvin	°C
Absoluter Nullpunkt	0 K	-273,15°
Schmelzpunkt Eis	273,15 K	0 °C
Siedepunkt des Wasser	373,15 K	+100°C

In der Praxis wird z.B. die Angabe, das Wasser ist 20°C warm, beibehalten. Nur bei Temperaturdifferenzen muss diese in Kelvin K angegeben werden. Hier entspricht 1°C genau 1 K.

Zum Beispiel: Die Differenz zwischen der Temperatur am Fensterrahmen außen und am Fensterrahmen innen beträgt 15 K. Das Zeichen ° für Grad entfällt bei der Temperaturangabe in Kelvin.

*) SI-System International d'Unites = Internationale Maßeinheiten

**) Die SI-Einheit für die Temperatur ist das Kelvin.

Die Schutzart gibt die Eignung von elektrischen Betriebsmitteln für unterschiedliche Umweltbedingungen an. Der Begriff Schutzart kennzeichnet den Schutz eines Gerätes, beziehungsweise des Geräteinneren gegen direktes Berühren sowie gegen das Eindringen von Fremdkörpern, wie Gegenständen, Staub oder Wasser. Die Widerstandsfähigkeit gegen Belastungen durch die herrschenden Umweltbedingungen wird dabei durch **internationale Schutzklassen (IP = Inter-national Protection)** definiert. Die Schutzklassen wiederum werden in IP-Normen (DIN EN 60529) angegeben, wobei eine zweistellige Zahl den Schutzgrad konkretisiert.

Dabei bezieht sich die

- erste Ziffer auf die Resistenz gegen Festkörper und Staub und die
 - zweite Ziffer bezeichnet die Widerstandsfähigkeit gegen das Eindringen von Wasser.
- Je höher die jeweiligen Zahlen, desto größer der Schutz.

Die einzelnen Definitionen finden sie in den beiden nebenstehenden Tabellen.

Schutzgrade gegen Berührungen und Fremdkörper (1. Ziffer)

Ziffern	Schutz gegen Fremdkörper
0	Kein Schutz
1	Große Fremdkörper, Durchmesser größer 50 mm
2	Mittelgroße Fremdkörper, Durchmesser größer 12,5 mm
3	Kleine Fremdkörper, Durchmesser größer 2,5 mm
4	Kornförmige Fremdkörper, Durchmesser größer 1 mm
5	Staubgeschützt, nicht vollständig jedoch in hohem Maß, Funktionsfähigkeit bleibt erhalten
6	Staubdicht

Beispiel: **IP 67**



IP 6X Staubdicht
IP X7 geschützt gegen zeitweiliges Untertauchen

Schutzgrade für Wasserschutz (2. Ziffer)

Ziffern	Schutz gegen Fremdkörper
0	Kein Schutz
1	Schutz gegen senkrecht fallende Tropfen
2	Schutz gegen schräg fallendes Tropfwasser
3	Schutz gegen Sprühwasser
4	Schutz gegen Spritzwasser
5	Schutz gegen Strahlwasserhalten
6	Schutz gegen starkes Strahlwasser
7	Schutz bei zeitweiligen Untertauchen, Tauchtiefe 1 m, Dauer 30 Minuten
8	Schutz bei dauerndem Untertauchen in Wasser. Die Bedingungen sind zwischen Hersteller und Anwender individuell zu vereinbaren, müssen jedoch die Vorgaben von Ziffer 7 übertreffen.

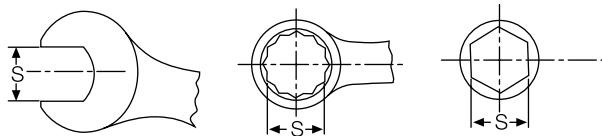
Schlüsselweiten Schrauben und Muttern

Standard		6-kant, klein		6-kant, groß		Holzschrauben	
DIN 601, 931 960, 7990	DIN 558 933, 961	DIN 609 610, 7968	DIN 561	DIN 564	EN 14399-4	DIN 571	
DIN 439, 555 934, 980, 982, 985	DIN 917, 1587, 986	DIN 979, 935			EN 14399-4		
Gewinde	Schlüsselweite	Gewinde	Schlüsselweite	Gewinde	Schlüsselweite	Ø	Schlüsselweite
M 1,6	3,2						
M 2	4						
M 2,5	5						
M 3	5,5						
M 4	7					4	7
M 5	8					5	8
M 6	10	M 6	8			6	10
M 8	13	M 8	10			8	13
M 10	17 (16)*	M 10	13			10	17 (16)*
M 12	19 (18)*	M 12	17	M 12	22	12	19 (18)*
M 14	22 (21)*			M 16	27	16	24
M 16	24	M 16	19				
M 18	27			M 20	32		
M 20	30	M 20	24	M 22	36	20	30
M 22	32 (34)*			M 24	41		
M 24	36	M 24	30	M 27	46		
M 27	41	M 30	36	M 30	50		
M 30	46						
M 33	50	M 36	46	M 36	60		
M 36	55						
M 39	60	M 42	55				
M 42	65	M 48	65				
M 45	70						
M 48	75						
M 52	80						

* nach neuer ISO

Schlüsselweiten-Toleranzen

Auszug aus DIN 475 Teil 2



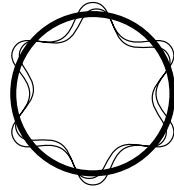
Schlüsselweiten (SW)		
Nennmaß	s min.	max.
3,2*	3,22	3,28
3,5	3,52	3,60
4*	4,02	4,12
4,5	4,52	4,62
5*	5,02	5,12
5,5*	5,52	5,62
6*	6,03	6,15
7*	7,03	7,15
8*	8,03	8,15
9*	9,03	9,15
10*	10,04	10,19
11*	11,04	11,19
12*	12,04	12,24
13*	13,04	13,24
14*	14,05	14,27
15*	15,05	15,27
16*	16,05	16,27

Schlüsselweiten (SW)		
Nennmaß	s min.	max.
17*	17,05	17,30
18*	18,05	18,30
19*	19,06	19,36
20*	20,06	20,36
21*	21,06	21,36
22*	22,06	22,36
23*	23,06	23,36
24*	24,06	24,36
25*	25,06	25,36
26*	26,08	26,48
27*	27,08	27,48
28*	28,08	28,48
30*	30,08	30,48
32*	32,08	32,48
34*	34,10	34,60
36*	36,10	36,60
41*	41,10	41,60

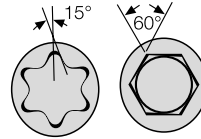
Schlüsselweiten (SW)		
Nennmaß	s min.	max.
46*	46,10	46,60
50*	50,10	50,60
55*	55,12	55,72
60*	60,12	60,72
65*	65,12	65,72
70*	70,12	70,72
75*	75,15	75,85
80*	80,15	80,85
85*	85,15	85,85
90*	90,15	90,85
95*	95,15	95,85
100*	100,15	100,85
105*	105,20	106,00
110*	110,20	111,00
115*	115,20	116,00
120*	120,20	121,00

* Schlüsselweiten entsprechen internationalen Normen
Schlüsselweiten 6,9,12,14,17,19,20,22,23,25,26,28 und 32 sind in dem ISO/DIS 691 eingeklammert und als Übergangswerte bezeichnet.

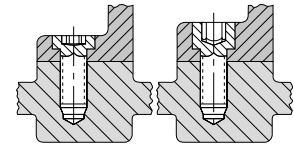
Die Verwendung von Torx®-Schrauben mit Torx®-Schraubwerkzeugen bietet dem Anwender wesentliche Vorteile:



1.



2.+ 3.



4.

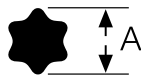
1. Die Kraftübertragung über Flächen (statt punktuell) garantiert ein erhöhtes Drehmoment.

2. Das sechseckige Torx®-Profil mit abgerundeten Kanten verhindert Spannungspunkte im Schraubenkopf und beim Werkzeug.

3. Durch optimale Passung werden Ausgleiten und Beschädigungen am Schraubenkopf gemindert und somit größere Standzeiten und längere Lebensdauer der Werkzeuge gewährleistet.

4. Ideale Einsatzbedingungen, auch bei engsten Raumverhältnissen, durch kleine Baumaße der Schrauben und Werkzeuge.

Maßtabelle Torx®



Torx®-Innenantrieb		
Schlüsselmaß	A mm	metrische Schrauben
T 5	1,42	bis M 1,8
T 6	1,67	M 2
T 7	1,99	M 2
T 8	2,31	M 2,5
T 9	2,50	M 3
T 10	2,74	M 3 - M 3,5
T 15	3,27	M 3,5 - M 4
T 20	3,86	M 4 - M 5
T 25	4,43	M 4,5 - M 5
T 27	4,99	M 4,5 - M 5 - M 6
T 30	5,52	M 6 - M 7
T 40	6,65	M 7 - M 8
T 45	7,82	M 8 - M 10
T 50	8,83	M 10
T 55	11,22	M 12
T 60	13,25	M 14

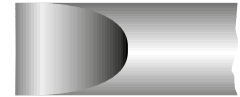
Torx®-Außenantrieb		
Schlüsselmaß	A mm	metrische Schrauben
E 4	3,86	M 3
E 5	4,75	M 4
E 6	5,74	M 4, M 5
E 7	6,20	M 6
E 8	7,52	M 5, M 6
E 10	9,42	M 6, M 8
E 12	11,70	M 8, M 10
E 14	12,90	M 10, M 12
E 16	14,46	M 12
E 18	16,70	M 12, M 14
E 20	18,39	M 14, M 16

Schlüsselweiten

Schrauben mit Innensechskant

Schlüsselmaß mm	0,7	0,9	1,3	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7	8	10	12	14	17	19	22	24	27	32	36
DIN 912	-	-	M1,4	M1,6 M2	M2,5	M3	M4	M5	M6	M8	-	M10	M12	M14	M16 M18	M20 M22	M24 M27	M30	M33	M36	M42	M48
DIN 913 - 915	M1,4 M1,6 M1,8	M2	M2,5	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	-	M16	M18	M22	-	-	-	-	-	-	-	-
DIN 7991	-	-	-	-	M3	M4	M5	M6	M8	M10	-	M12 M16	M14	M18 M24	M22	-	-	-	-	-	-	-

Schraubenschlitze/Schraubendreherklingen DIN 5264



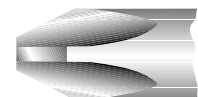
1. Gewindeschrauben													
Größe	M 1,2	M 1,4	M 1,6	M 1,8	M 2	M 2,5	M 3	M 3,5	M 4	M 5	M 6	M 8	M 10
DIN 84 (ISO 1207)	2,3 0,3	2,6 0,3	3 0,4	3,4 0,4	3,8 0,5	4,5 0,6	5,5 0,8	6 1,0	7 1,2	8,5 1,2	10 1,6	13 2	16 2,5
Scheide Schraubendreher	2 x 0,3		2,5 x 0,4		3 x 0,5 (3,5 x 0,5)	3,5 x 0,6 (4 x 0,6)	4 x 0,8 (5,5 x 0,8)	5,5 x 1	6,5 x 1,2 (8 x 1,2)	8 x 1,2	10 x 1,6	12 x 2	14 x 2,5
Größe	M 1,2	M 1,4	M 1,6	M 1,8	M 2	M 2,5	M 3	M 3,5	M 4	M 5	M 6	M 8	M 10
DIN 85 (ISO 1580)	-	-	-	-	-	-	6 0,8	7 1,0	8 1,2	10 1,2	12 1,6	16 2	20 2,5
Scheide Schraubendreher	-	-	-	-	-	-	4 x 0,8 (5,5 x 0,8)	5,5 x 1 (6,5 x 1)	8 x 1,2		10 x 1,6	12 x 2	14 x 2,5
Größe	M 1,2	M 1,4	M 1,6	M 1,8	M 2	M 2,5	M 3	M 3,5	M 4	M 5	M 6	M 8	M 10
DIN 963 DIN 964	2,3 0,3	2,6 0,3	3 0,4	3,4 0,4	3,8 0,5	4,7 0,6	5,6 0,8	6,5 1,0	7,5 1,2	9,2 1,2	11 1,6	14,5 2	18 2,5
Scheide Schraubendreher	2 x 0,3		2,5 x 0,4		3 x 0,5 (3,5 x 0,5)	3,5 x 0,6 (4 x 0,6)	4 x 0,8 (5,5 x 0,8)	5,5 x 1 (8 x 1,2)	6,5 x 1,2	8 x 1,2	10 x 1,6	12 x 2	14 x 2,5

2. Blechschrauben													
Größe	Ømm	2,2	2,9	3,5	3,9	4,2	4,8	5,5	6,3				
DIN 7971	b) 4,2 a) 0,6	5,6 0,8	6,9 1	7,5 1	8,2 1,2	9,5 1,2	10,8 1,6	12,5 1,6					
Scheide Schraubendreher	3,5 x 0,6 (4 x 0,6)		4 x 0,8 (5,5 x 0,8)		5,5 x 1 (6,5 x 1)		8 x 1,2			10 x 1,6			
Größe	Ømm	2,2	2,9	3,5	3,9	4,2	4,8	5,5	6,3				
DIN 7972	b) 4,3 a) 0,5	5,5 0,8	6,8 1	7,5 1	8,1 1,2	9,5 1,2	10,8 1,6	12,4 1,6					
Scheide Schraubendreher	3 x 0,5 (3,5 x 0,5)		4 x 0,8 (5,5 x 0,8)		5,5 x 1 (6,5 x 1)		6,5 x 1,2 (8 x 1,2)			10 x 1,6			
Größe	Ømm	2,2	2,9	3,5	3,9	4,2	4,8	5,5	6,3				
DIN 7973	b) 4,3 a) 0,5	5,5 0,8	6,8 1	7,5 1	8,1 1,2	9,5 1,2	10,8 1,6	12,4 1,6					
Scheide Schraubendreher	3 x 0,5 (3,5 x 0,5)		4 x 0,8 (5,5 x 0,8)		5,5 x 1 (6,5 x 1)		6,5 x 1,2 (8 x 1,2)		8 x 1,2		10 x 1,6		

3. Gewindestifte													
Größe	M 2,5	M 3	M 3,5	M 4	M 5	M 6	M 8	M 10	M 12	M 14	M 16	M 18	M 20
DIN 417, 427 (ISO 4766, 7435)	2,5 0,4	3 0,4	3,5 0,5	4 0,8	5 0,8	6 1,2	8 1,6	10 1,6	12 1,6	14 2	16 2,5	18 2,5	20 2,5
Scheide Schraubendreher	2 x 0,4		2,5 x 0,4	3 x 0,5	4 x 0,8		6,5 x 1,2	8 x 1,6		10 x 1,6	12 x 2	14 x 2,5	

Schneidenbreiten in () entsprechen der VSM-Norm. Der Kantenbruch von 45° an der Schraubendreher-schneide erlaubt die Verwendung größerer Schneidenbreiten auch bei Senk- und Linsensenkopfschrauben.

Schraubenkreuzschlitze/Schraubendreherklingen nach DIN/ISO



1. Gewindeschrauben													
Größe	M 1,6	M 1,8	M 2	M 2,5	M 3	M 3,5	M 4	M 5	M 6	M 8	M 10		
DIN 7985 ISO	0			1			2			3		4	
DIN 965 (ISO 7987)	0			1			2			3		4	
DIN 966 (ISO 7988)	0			1			2			3		4	
Größenbezeichnung der Kreuzschlitze													
2. Blechschrauben													
Größe	Ø mm	2,2	2,9	3,5	3,9	4,2	4,8	5,5	6,3				
DIN 7981 ISO	DIN 7982 ISO	DIN 7983 ISO	1			2			3				
Größenbezeichnung der Kreuzschlitze													
3. Holzschrauben													
Größe	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	7	8		
DIN 7996 ISO	DIN 7997 ISO	DIN 7995 ISO	0		1		2			3		4	
Größenbezeichnung der Kreuzschlitze													

Vergleichstabelle der Vickers-Brinell-Rockwell-Härte und Zugfestigkeit¹⁾

Vickershärte HV 30	Brinellhärte HB 30	Rockwellhärte ²⁾		Zugfestigkeit σ_{Rm} N/mm ²	Vickershärte HV 30	Brinellhärte HB 30	Rockwellhärte ²⁾		Zugfestigkeit σ_{Rm} N/mm ²
		HRB	HRC				HRB	HRC	
80	80	36,4	-	270	350	350	-	36,0	1170
85	85	42,4	-	290	360	359	-	37,0	1200
90	90	47,5	-	310	370	368	-	38,0	1230
95	95	52,0	-	320	380	376	-	38,9	1260
100	100	56,4	-	340	390	385	-	39,8	1290
105	105	60,0	-	360	400	392	-	40,7	1320
110	110	63,4	-	380	410	400	-	41,5	1350
115	115	66,4	-	390	420	408	-	42,4	1380
120	120	69,4	-	410	430	415	-	43,2	1410
125	125	72,0	-	420	440	423	-	44,0	1430
130	130	74,4	-	440	450	430	-	44,8	1460
135	135	76,4	-	460	460	-	-	45,6	-
140	140	78,4	-	470	470	-	-	46,3	-
145	145	80,4	-	490	480	-	-	47,0	-
150	150	82,2	-	500	490	-	-	47,7	-
155	155	83,8	-	520	500	-	-	48,3	-
160	160	85,4	-	540	510	-	-	49,1	-
165	165	86,8	-	550	520	-	-	49,7	-
170	170	88,2	-	570	530	-	-	50,4	-
175	175	89,6	-	590	540	-	-	51,0	-
180	180	90,8	-	600	550	-	-	51,6	-
185	185	91,8	-	620	560	-	-	52,2	-
190	190	93,0	-	640	570	-	-	52,8	-
195	195	94,0	-	660	580	-	-	53,3	-
200	200	95,0	-	670	590	-	-	53,9	-
205	205	95,8	-	680	600	-	-	54,4	-
210	210	96,6	-	710	610	-	-	55,0	-
215	215	97,6	-	720	620	-	-	55,5	-
220	220	98,2	-	730	-	-	-	-	-
225	225	99,0	-	750	630	-	-	56,0	-
230	230	-	19,2	760	640	-	-	56,5	-
235	235	-	20,2	780	650	-	-	57,0	-
240	240	-	21,2	800	660	-	-	57,5	-
245	245	-	22,1	820	670	-	-	58,0	-
250	250	-	23,0	830	680	-	-	58,5	-
255	255	-	23,8	850	690	-	-	59,0	-
260	260	-	24,6	870	700	-	-	59,5	-
265	265	-	25,4	880	720	-	-	60,4	-
270	270	-	26,2	900	740	-	-	61,2	-
275	275	-	26,9	920	760	-	-	62,0	-
280	280	-	27,6	940	780	-	-	62,8	-
285	285	-	28,3	950	800	-	-	63,6	-
290	290	-	29,0	970	820	-	-	64,3	-
295	295	-	29,6	990	840	-	-	65,0	-
300	300	-	30,3	1010	860	-	-	65,7	-
310	310	-	31,5	1040	880	-	-	66,3	-
320	320	-	32,7	1080	900	-	-	66,9	-
330	330	-	33,8	1110	920	-	-	67,5	-
340	340	-	34,9	1140	940	-	-	68,0	-

1) Alle mittels verschiedener Härteprüfverfahren an verschiedenen Werkstoffen ermittelten Härtewerte sind nur annähernd vergleichbar.
 2) Die auf eine Dezimale angegebenen Rockwellwerte dienen nur der Interpolation und sind im Endergebnis auf ganzen Zahlen zu runden.

