

## VORWORT

Das vorliegende Tabellenbuch ist ein Nachschlagewerk für alle, die in technischen Berufen und schulischen Einrichtungen tätig sind. Besonders geeignet ist es für Lehrer und Auszubildende im Berufsfeld „Metalltechnik“, da in der Auswahl der Normen und in der Zusammenstellung der Daten, Formeln und Zahlentafeln der Rahmenlehrplan der KMK und die Lehrpläne der Länder berücksichtigt wurden. Es kann sowohl in den Berufsschulen, Technischen Gymnasien als auch in Meister-, Techniker- und Ingenieurschulen sowie Technischen Universitäten eingesetzt werden.

Ein einheitlicher europäischer Markt erfordert auch einheitliche Normen in Europa. Dadurch wurden in den letzten Jahren und Monaten zahlreiche Normen zurückgezogen, durch neue oder geänderte ersetzt.

Auf Anwendungsbeispiele zu den Formeln in den einzelnen Kapiteln wird bewusst verzichtet. Somit ist dieses Tabellenbuch in Prüfungen einsetzbar.

Im Anhang (siehe Register A) befinden sich:

- ein Verzeichnis zurückzogener bzw. ersetzter Normen (Seite A2)  
Im vorliegenden Buch sind die Normen aufgeführt, die durch neue Normen ersetzt wurden.
- ein Normenverzeichnis (Seiten A3...A5)  
In diesem Verzeichnis sind alle aktuellen Normen aufgeführt, die im vorliegenden Buch zitiert sind. Sie sind alphabetisch und numerisch aufsteigend geordnet (DIN, DIN EN, DIN EN ISO, DIN ISO, DIN EN/TS, DIN VDE, EN, ISO, VDI, TRGS), sowie BGV, BGI, GefStoffV und EMV-Gesetz. Den Normbezeichnungen sind Seitenverweise zum leichteren Auffinden der Auszüge zugeordnet.
- ein Stichwortverzeichnis Deutsch-Englisch/Englisch-Deutsch für wichtige technische Begriffe (Seiten A6...A19)
- das Sachwortverzeichnis (Seiten A20...A29)

Autoren und Verlag

# Wärmelehre

Zustandsgleichungen idealer Gase	Formelzeichen	Erklärung
$\frac{p \cdot V}{T} = \text{konstant}$	allgemeine Gasgleichung	Druck, absolut Volumen
$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$	$p_1, p_2$ $V_1, V_2$ $T_1, T_2$	Temperatur, absolut
$p \cdot V = m \cdot R_S \cdot T$	$R_S$ $m$	spezifische Gaskonstante Masse
		in bar in m <sup>3</sup> in K in $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ in kg

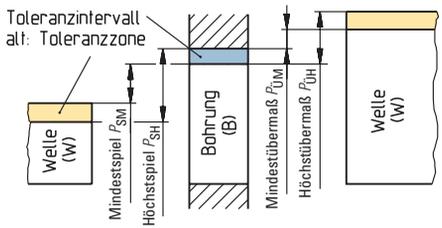
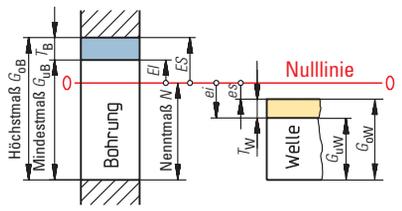
Prozess	Kennzeichen	Zustandsdiagramm	verrichtete Arbeit	ausgetauschte Wärme
<b>isobar</b> Gesetz von Gay-Lussac	$p = \text{konstant}$ $\frac{V}{T} = \text{konstant}$ $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$		$W_{12} = -p \cdot \Delta V = -p (V_2 - V_1)$	$Q_{12} = c_p \cdot m \cdot \Delta T$ $= c_p \cdot m (T_2 - T_1)$
<b>isochor</b> Gesetz von Amontons	$V = \text{konstant}$ $\frac{p}{T} = \text{konstant}$ $\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1}$		$W_{12} = 0$	$Q_{12} = c_v \cdot m \cdot \Delta T$ $= c_v \cdot m (T_2 - T_1)$
<b>isotherm</b> Gesetz von Boyle-Mariotte	$T = \text{konstant}$ $p \cdot V = \text{konstant}$ $\frac{V_2}{V_1} = \frac{p_1}{p_2}$		$W_{12} = -m \cdot R_S \cdot T \cdot \ln \frac{V_2}{V_1}$ $W_{12} = -m \cdot R_S \cdot T \cdot \ln \frac{p_1}{p_2}$	$Q_{12} = -W_{12}$
<b>adiabat</b>	$Q = 0$ $p \cdot V^\kappa = \text{konstant}$ $\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}$ $\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\kappa-1}$		$W_{12} = -\frac{m \cdot R_S \cdot T_1}{1-\kappa} \left[ \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\kappa-1} - 1 \right]$ $W_{12} = -\frac{m \cdot R_S \cdot T_1}{1-\kappa} \left[ \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right]$ $W_{12} = -\frac{m \cdot R_S}{1-\kappa} (T_2 - T_1)$	$Q_{12} = 0$

Gas	chem. Symbol	c <sub>p</sub> in $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$	c <sub>v</sub> in $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$	R <sub>S</sub> in $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$	Adiabatexponent κ
Helium	He	5194	3117	2077	1,66
Kohlendioxid	CO <sub>2</sub>	844	655	189	1,29
Luft	-	1005	718	287	1,40
Methan	CH <sub>4</sub>	2231	1713	518	1,30
Sauerstoff	O <sub>2</sub>	917	658	260	1,40
Stickstoff	N <sub>2</sub>	1038	741	297	1,40
Wasser, flüssig	H <sub>2</sub> O	4170	-	461 (Dampf)	-
Wasserstoff	H <sub>2</sub>	14300	10176	4124	1,40



# Toleranzen und Passungen

Nur die Abkürzungen EI, ES, ei, es sind genormt:



oberes Grenzabmaß = Höchstmaß – Nennmaß

Bohrung:  $ES = G_{oB} - N = EI + T_B$   
 Welle:  $es = G_{oW} - N = ei + T_W$

unteres Grenzabmaß = Mindestmaß – Nennmaß

Bohrung:  $EI = G_{uB} - N$   
 Welle:  $ei = G_{uW} - N$

Maßtoleranz = Höchstmaß – Mindestmaß  
 = oberes Grenzabmaß – unteres Grenzabmaß

Bohrung:  $T_B = G_{oB} - G_{uB} = ES - EI$   
 Welle:  $T_W = G_{oW} - G_{uW} = es - ei$

Passtoleranz  $P_T$

$P_T = T_B + T_W$

**Spielpassung** Beispiel: 40 H8/f7

Mindestspiel =  $G_{uB} - G_{oW}$   
 $P_{SM} = G_{uB} - G_{oW}$  (Ergebnis positiv)  
 $P_{SM} = 40 \text{ mm} - 39,975 \text{ mm} = 0,025 \text{ mm}$   
 Höchstspiel =  $G_{oB} - G_{uW}$   
 $P_{SH} = G_{oB} - G_{uW}$  (Ergebnis positiv)  
 $P_{SH} = 40,039 \text{ mm} - 39,975 \text{ mm} = 0,089 \text{ mm}$   
 Spanne = Höchstspiel – Mindestspiel  
 $S_{SP} = P_{SH} - P_{SM}$   
 $S_{SP} = 0,089 \text{ mm} - 0,025 \text{ mm} = 0,064 \text{ mm}$

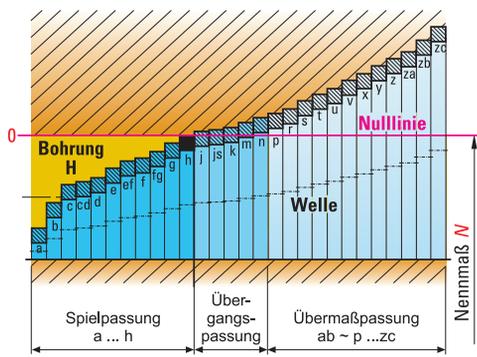
**Übergangspassung** Beispiel: 40 H7/n6

Höchstspiel =  $G_{oB} - G_{uW}$   
 $P_{SH} = G_{oB} - G_{uW}$  (Ergebnis positiv)  
 $P_{SH} = 40,025 \text{ mm} - 40,017 \text{ mm} = 0,008 \text{ mm}$   
 Höchstüberm. =  $G_{uB} - G_{oW}$   
 $P_{UH} = G_{uB} - G_{oW}$  (Ergebnis negativ)  
 $P_{UH} = 40 \text{ mm} - 40,033 \text{ mm} = -0,033 \text{ mm}$   
 Spanne = Höchstspiel + Höchstübermaß  
 $S_{UG} = P_{SH} - P_{UH}$  ( $P_{UH}$  negativ einsetz.)  
 $S_{UG} = 0,008 \text{ mm} - (-0,033 \text{ mm}) = 0,042 \text{ mm}$

**Übermaßspassung** Beispiel: 40

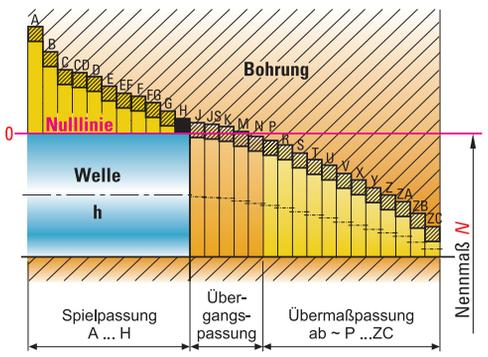
Höchstüberm. =  $G_{uB} - G_{oW}$   
 $P_{UH} = G_{uB} - G_{oW}$  (Ergebnis negativ)  
 $P_{UH} = 40 \text{ mm} - 40,050 \text{ mm} = -0,050 \text{ mm}$   
 Mindestüberm. =  $G_{oB} - G_{uW}$   
 $P_{UM} = G_{oB} - G_{uW}$  (Ergebnis negativ)  
 $P_{UM} = 40,025 \text{ mm} - 40,034 \text{ mm} = -0,009 \text{ mm}$   
 Spanne = Höchstübermaß – Mindestübermaß  
 $S_{UM} = P_{UH} - P_{UM}$  (beide Werte neg. einsetz.)  
 $S_{UM} = -0,050 \text{ mm} - (-0,009 \text{ mm}) = 0,041 \text{ mm}$

## Passungssystem Einheitsbohrung



Einheitsbohrung (Grundabmaß „H“), kombiniert mit Wellen-Grundabmaßen (a-zc)  
 Die h-Toleranz „hängt“ an der Nulllinie.

## Passungssystem Einheitswelle



Einheitswelle (Grundabmaß „h“), kombiniert mit Bohrungs-Grundabmaßen (A-ZC)  
 Die H-Toleranz „sitzt“ auf der Nulllinie.

# Toleranzen und Passungen

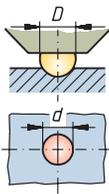
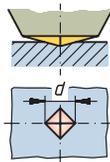
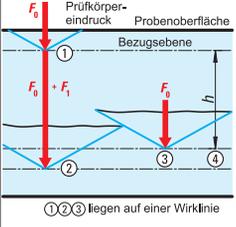
## Geometrische Tolerierung

DIN EN ISO 1101 : 2017-09

Formtoleranzen				
Symbol Merkmal	Zeichnungseintragung	Toleranzzone	Beispiel Erklärung	Messmöglichkeit
<b>Geradheit</b>			Die mittlere Ist-Linie des Zylinders muss innerhalb einer zylindrischen Toleranzzone vom Durchmesser $t = 0,05$ mm liegen.	
			Jede Ist-Linie, wie es der Schnittebenen-Indikator festlegt, muss zwischen zwei parallelen Geraden vom Abstand $t = 0,05$ mm liegen.	
<b>Ebenheit</b>			Die Ist-Oberfläche muss zwischen zwei parallelen Ebenen vom Abstand $t = 0,05$ mm liegen.	
<b>Rundheit</b>			Jede Ist-Fläche entlang der Fläche muss zwischen zwei Kreisen im Abstand $t = 0,1$ mm liegen. Die Kreise sind rechtwinklig zu Bezug C.	
<b>Zylindrizität</b>			Die Ist-Zylindermantelfläche muss zwischen zwei coaxialen Zylindern, die einen radialen Abstand von $t = 0,1$ mm haben, liegen.	
<b>Linienprofil</b>			Die Profilinie muss zwischen zwei Kreisen im Abstand 0,04 mm liegen. Die Kreise sind rechtwinklig zur Bezugsebene A.	
<b>Flächenprofil, ohne Bezug</b>			Die Ist-Oberfläche muss zwischen zwei Hüllflächen an Kugeln vom Durchmesser $t = 0,02$ mm liegen, deren Mitteln auf der geometrisch idealen Form liegen.	

Richtungstoleranzen				
<b>Parallelität</b>			Die Ist-Oberfläche muss zwischen zwei zur Bezugsebene A parallelen Ebenen vom Abstand $t = 0,02$ mm liegen.	

## Härteprüfung

Verfahren	DIN EN ISO 6506-1:2015-02	DIN EN ISO 6507-1:2018-07	DIN EN ISO 6508-1:2016-12
	 <p style="margin-left: 20px;">einzuhalten: <math>d = 0,24 \dots 0,6 D</math></p> <p style="margin-left: 20px;"><math>d = \frac{d_1 + d_2}{2}</math></p> <p style="color: red; font-weight: bold;">Brinell HBW</p>	 <p style="margin-left: 20px;"><math>d = \frac{d_1 + d_2}{2}</math></p> <p style="color: red; font-weight: bold;">Vickers HV</p>	 <p style="margin-left: 20px;">① Eindringtiefe durch Prüfkörperkraft <math>F_0</math> ② Eindringtiefe durch Prüfzusatzkraft <math>F_1</math> ③ elastische Rückverformung infolge Rücknahme der Prüfzusatzkraft <math>F_1</math> ④ bleibende Eindringtiefe <math>h</math></p> <p style="margin-left: 20px;">①②③ liegen auf einer Wirklinie</p> <p style="color: red; font-weight: bold;">Rockwell HRC, HRA (Auswahl) HRBW, HRFW</p>
Prüfkörper	Hartmetallkugel W Kugeldurchmesser: $D = 1; 2,5; 5; 10 \text{ mm}$	Diamantpyramide Flächenwinkel $136^\circ$	Diamantkegel Spitzenwinkel $120^\circ$ gehärtete Stahlkugel $1,15875 \text{ mm}$
Messwert	Mittelwert des Eindruck $\varnothing d$	Mittelwert der Diagonalen $d$	bleibende Eindringtiefe $h$
Prüfkraft	siehe Tabelle unten	Makrobereich $\geq HV 5$ Kleinlastbereich $HV 0,2 \dots < HV 5$ Mikrobereich $HV 0,01 \dots < HV 0,2$	$F_0 + F_1 = 98\text{N} + 1373 \text{ N}$ $F_0 = 98 \text{ N}$ (Prüfzeit max. 3 s) $F_1 = 883 \text{ N}$ bei HRBW $F_1 = 490 \text{ N}$ bei HRA und HRFW
Prüfzeit	10 ... 15 s oder nach Vereinbarung	10 ... 15 s oder nach Vereinbarung	$4 \pm 2 \text{ s}$ (von $F_0 + F_1$ ) oder nach Vereinbarung
Formel	An den Prüfmaschinen sind die Prüfkraft $F$ teilweise noch in kp angegeben. <b>Brinellhärte HBW</b> $HBW = 0,102 \frac{F}{A}$ 0,102 = Konstante $F$ = Prüfkraft in N $A$ = Eindruckoberfläche in $\text{mm}^2$ $HBW = 0,102 \frac{2F}{\pi D^2 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{d^2}{D^2}}\right)}$	<b>Vickershärte HV</b> $HV = 0,102 \frac{F}{A}$ 0,102 = Konstante $F$ = Prüfkraft in N $A$ = Eindruckoberfläche in $\text{mm}^2$ $HV \approx 0,1891 \frac{F}{d^2}$	<b>Rockwellhärte HRC bzw. HRA</b> $z. B. HRC = 100 - \frac{h}{0,002}$ bzw. HRBW bzw. HRFW $= 130 - \frac{h}{0,002}$ $h$ = bleibende Eindringtiefe in mm
Anwendung	für alle Werkstoffe, die weicher als gehärteter Stahl sind: Al, Cu, Stahl, Guss-eisen ...	für harte und weiche Werkstoffe, außerdem für Folien, Gefügeuntersuchung, Härteverlauf ...	<b>HRC 20 ... 70</b> <b>HRA 20 ... 95</b> z. B. gehärteter Stahl <b>HRBW 10 ... 100</b> <b>HRFW 60 ... 100</b> z. B. NE-Metalle, weicher Stahl
Normung	<b>600 HBW 1/30/20<sup>1)</sup></b> 600 = Brinellhärte HBW = Härtebezeichnung 1 = Kugeldurchmesser 30 = 294 N = Prüfkraft 20 = Prüfzeit in s	<b>640 HV 30/20<sup>1)</sup></b> 640 = Vickershärte HV = Härtebezeichnung 30 = 294 N = Prüfkraft 20 = Prüfzeit in s	<b>64 HRC</b> C = cone $120^\circ$ Rockwellhärte 64 bei $h = 0,072 \text{ mm}$ bezogen auf Diamant 100

<sup>1)</sup> Die genormte Einwirkzeit 10 ... 15 s muss nicht angegeben werden.

### Prüfkraft für Brinellhärteprüfung

Kugeldurchmesser D in mm	Proben-dicke in mm	Prüfkraft F in N für Beanspruchungsgrad				
		30 für Stahl GG <sup>1)</sup>	10 für NE-Leg.	5 für Al, Zn, Cu	2,5 für Lagermetall	1 für Pb, Sn
10	>6	29420	9807	4903	2452	981
5	2 ... 6	7355	2452	1226	613	245
2,5	1,5 ... 3	1839	613	306,5	153,2	61,3
1	<1,5	294	98	49	24,5	9,8

### Prüfkraft für Vickershärteprüfung

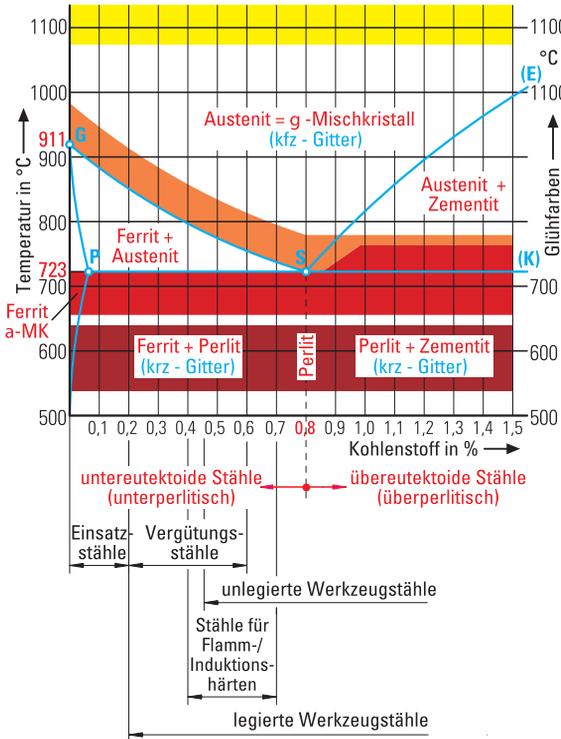
Prüfbedingung	Makrobereich		Kleinlastbereich		Mikrobereich	
	Prüfkraft F in N	Prüfbedingung	Prüfkraft F in N	Prüfbedingung	Prüfkraft F in N	Prüfbedingung
HV 5	49,03	HV 0,2	1,961	HV 0,01	0,09807	
HV 10	98,07	HV 0,3	2,942	HV 0,015	0,147	
HV 20	196,1	HV 0,5	4,903	HV 0,02	0,1961	
HV 30	294,2	HV 1	9,807	HV 0,025	0,2452	
HV 50	490,3	HV 2	19,61	HV 0,05	0,4903	
HV 100	980,7	HV 3	29,42	HV 0,1	0,9807	

<sup>1)</sup> Kugel- $\varnothing$  10; 5; 2,5 mm Beanspruchungsgrad:  $0,102 \frac{F}{D^2}$

# Wärmebehandlung von Stahl

## Eisen-Kohlenstoff-Diagramm (Ausschnitt für die Wärmebehandlung)

Hierbei handelt es sich um das langsame Erwärmen eines Werkstückes auf eine bestimmte Temperatur mit anschließendem Halten auf dieser Temperatur. Nach dem Halten erfolgt bei den Glühbehandlungen ein langsames Abkühlen auf Raumtemperatur. Beim Härten erfolgt mit Hilfe eines Abschreckmittels ein schneller Wärmeentzug bis unterhalb der P-S-(K)-Linie zum Zwecke einer Gefügeumwandlung. Bei den Glühbehandlungen werden unerwünschte Spannungen und Gefügeverfestigungen beseitigt. Mit dem Normalglühen wird ein fehlerhaftes Härtegefüge in sein Ausgangsgefüge zurückgeführt.



## Glühfarben bei der Wärmebehandlung

Gelbweiß	≥1300°
Hellgelb	1200°
Gelb	1100°
Hellgelbrot	1000°
Gelbrot	950°
Gut Hellrot	900°
Hellrot	850°
Hellkirschrot	810°
Kirschrot	780°
Dunkelkirschrot	740°
Dunkelrot	680°
Braunrot	630°
Dunkelbraun	550°

## Zuordnung der Wärmebehandlungsverfahren im Eisen-Kohlenstoff-Diagramm



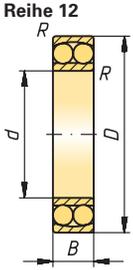
## Anlassfarben bei unlegierten Werkzeugstählen

Farbenbezeichnung	Temperatur in °C etwa um
Weißgelb	200°
Strohgelb	220°
Goldgelb	230°
Gelbbraun	240°
Braunrot	250°
Rot	260°
Purpurrot	270°

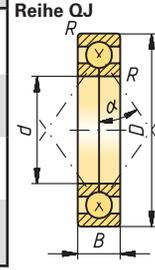
Farbenbezeichnung	Temperatur in °C etwa um
Violett	280°
Dunkelblau	290°
Kornblumenblau	300°
Hellblau	320°
Blaugrau	340°
Grau	360°

**Anmerkung:** Hochlegierte Stähle lassen diese Anlassfarben erst bei höherer Temperatur auftreten.

Maße in mm

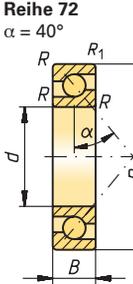


Kurzzeichen	d	D	B	R	Kurzzeichen
1203	17	40	12	0,6	QJ203
1204	20	47	14	1	-
1205	25	52	15	1	QJ205
1206	30	62	16	1	QJ206
1207	35	72	17	1,1	QJ207
1208	40	80	18	1,1	QJ208
1209	45	85	19	1,1	QJ209
1210	50	90	20	1,1	QJ210
1211	55	100	21	1,5	QJ211
1212	60	110	22	1,5	QJ212
1213	65	120	23	1,5	QJ213
1214	70	125	24	1,5	QJ214

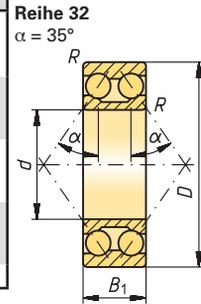


## Schrägkugellager DIN 628-1 : 2008-01 Schrägkugellager zweireihig DIN 628-3 : 2008-02

Maße in mm

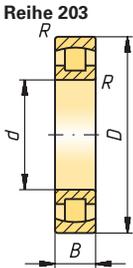


Kurzzeichen	d	D	B	B <sub>1</sub>	R	R <sub>1</sub>	Kurzzeichen
7200	10	30	9	14	0,6	0,3	3200
7201	12	32	10	15,9	0,6	0,3	3201
7202	15	35	11	15,9	0,6	0,3	3202
7203	17	40	12	17,5	0,6	0,6	3203
7204	20	47	14	20,6	1	0,6	3204
7205	25	52	15	20,6	1	0,6	3205
7206	30	62	16	23,8	1	0,6	3206
7207	35	72	17	27	1,1	0,6	3207
7208	40	80	18	30,2	1,1	0,6	3208
7209	45	85	19	30,2	1,1	0,6	3209
7210	50	90	20	30,2	1,1	0,6	3210
7211	55	100	21	33,3	1,5	1	3211
7212	60	110	22	36,5	1,5	1	3212

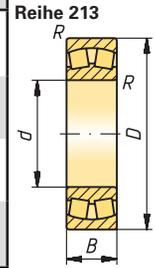


## Tonnenlager DIN 635-1 :2010-05 Pendelrollenlager DIN 635-2 : 2009-01

Maße in mm

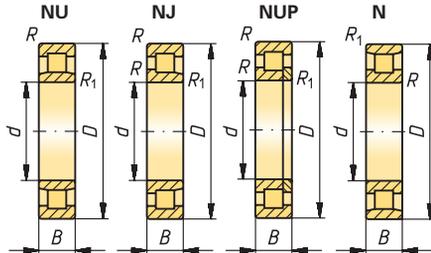


Kurzzeichen	d	D	B	R	Kurzzeichen
20305	25	62	17	1,1	21305
20306	30	72	19	1,1	21306
20307	35	80	21	1,5	21307
20308	40	90	23	1,5	21308
20309	45	100	25	1,5	21309
20310	50	110	27	2	21310
20311	55	120	29	2	21311
20312	60	130	31	2,1	21312
20313	65	140	33	2,1	21313
20314	70	150	35	2,1	21314
20315	75	160	37	2,1	21315
20316	80	170	39	2,1	21316



## Zylinderrollenlager DIN 5412-1 : 2005-08

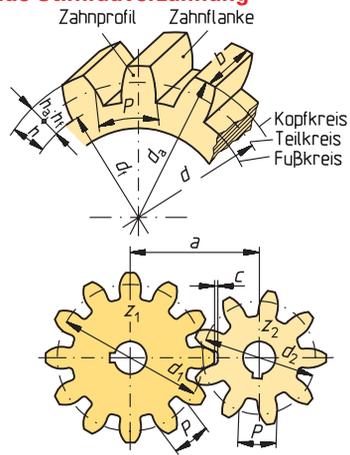
Bauformen: Maße in mm



Kurzzeichen	d	D	B	R	R <sub>1</sub>	
alle	204	20	47	14	1	0,6
in	205	25	52	15	1	0,6
NU	206	30	62	16	1	0,6
oder	207	35	72	17	1,1	0,6
NJ	208	40	80	18	1,1	1,1
oder	209	45	85	19	1,1	1,1
NUP	210	50	90	20	1,1	1,1
oder	211	55	100	21	1,5	1,1
N-	212	60	110	22	1,5	1,5
Aus-	213	65	120	23	1,5	1,5
führung	214	70	125	24	1,5	1,5
	215	75	130	25	1,5	1,5
	216	80	140	26	2	2

# Zahnradabmessungen

## Gerade Stirradverzahnung



Richtwerte für Zahnbreite  $b$  bei spanender Fertigung  
 steife Welle, genaue Lagerung  $b \leq 30 \dots 40 \cdot m$   
 normal  $b \leq 25 \cdot m$   
 bei Verformung z. B. Stahlkonstruktionen  
 fliegende Lagerung  $b \leq 10 \cdot m$   
 Richtwerte für die Mindestzähnezahlen:  
 $v > 4 \text{ m/s}$ , große Kräfte  $z_1 \geq 16$   
 $v < 0,8 \text{ m/s}$ , geringe Kräfte  $z_1 \geq 10$   
 Außenradpaare  $z_1 + z_2 \geq 24$   
 Innenradpaare  $z_2 \geq z_1 + 10$

## DIN 3960 : 1987-03, DIN 3966-1 : 1978-08

### Abmessungen geradverzählter Stirnräder

- $P = m \cdot \pi$  Teilung in mm
- $m = \frac{P}{\pi} = \frac{d_a}{z + 2}$  Modul in mm
- $d = m \cdot z$  Teilkreis-Ø in mm (z = Zähnezahl)
- $d_a = d + 2 m = m \cdot (z + 2)$  Kopfkreis-Ø in mm
- $d_f = d - 2 \cdot (m + c)$  Fußkreis-Ø in mm
- $h = 2 m + c$  Zahnhöhe in mm
- $h_a = m$  Kopfhöhe in mm
- $h_f = m + c$  Fußhöhe in mm
- $c = (0,1 \dots 0,3) \cdot m$  Kopfspiel in mm
- $c = 0,167 \cdot m$  und  $c = 0,2 \cdot m$  übliche Kopfspiele
- Achsabstand in mm

- $a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{m \cdot (z_1 + z_2)}{2}$  Außenverzahnung (+)
- $a = \frac{d_1 - d_2}{2} = \frac{m \cdot (z_1 - z_2)}{2}$  Innenverzahnung (-) bei  $d_1 > d_2$
- $a = \frac{d_2 - d_1}{2} = \frac{m \cdot (z_2 - z_1)}{2}$  bei  $d_1 < d_2$

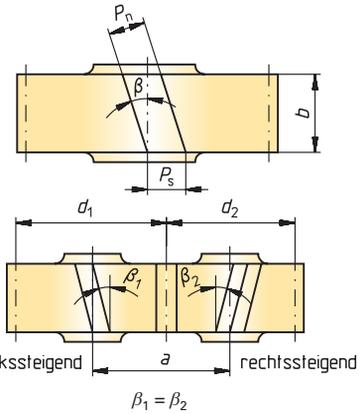
### Modulreihen nach DIN 780-1: 1977-05 Reihe 1 bevorzugt anwenden

Reihe 1	0,05	0,06	0,08	0,1	0,12	0,16	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,25
Reihe 2	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	32	40	50	60
Reihe 2	0,055	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,125	1,375
	1,75	2,25	2,75	3,5	4,5	5,5	7	9	11	14	18	22	28	36	45	55	70

### Modulfräsesatz bis $m = 8 \text{ mm}$

Fräser-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	für Zahnräder ab $m = 9 \text{ mm}$ besteht der Satz aus 15 Fräsern
Zähnezahl	12...13	14...16	17...20	21...25	26...34	35...54	55...134	135...∞	

## Schräge Stirradverzahnung



## DIN 3960 : 1987-03, DIN 3966-1 : 1978-08

### Abmessungen schrägverzählter Stirnräder

Zum Normalmodul  $m_n$  tritt hier der Stirnmodul  $m_s$  hinzu

- $P_s = \frac{P_n}{\cos \beta}$  Stirnteilung in mm
- $P_n = m_n \cdot \pi$  Normalteilung in mm
- $m_s = \frac{m_n}{\cos \beta}$  Stirnmodul in mm
- $m_n = m_s \cdot \cos \beta$   **$m_n = m$**  Normalmodul in mm
- $\beta = 10 \dots 20^\circ$  Schrägungswinkel
- $d = m_s \cdot z$  Teilkreis-Ø in mm
- $z_i = \frac{z}{\cos^3 \beta}$  ideale Zähnezahl

Modulreihen, Zahnhöhen, Kopfspiel wie bei Geradverzahnung

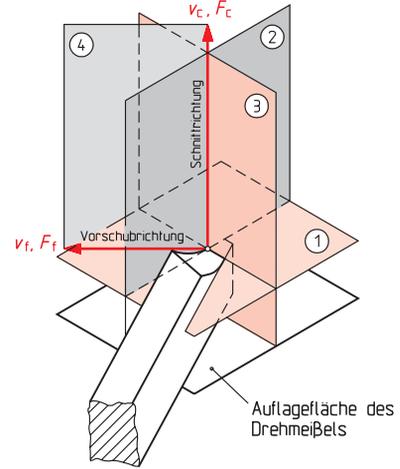
## Winkel am Werkzeug

Die Werkzeugwinkel werden in Ebenen gemessen, die aufeinander senkrecht stehen: Bezugsebene senkrecht zur angenommenen Schnitttrichtung, Schneideebene entlang der Schneide, Orthogonalebene durch einen Punkt der Schneide. Die Arbeitsebene ist festgelegt durch die Schnitt- und Vorschubrichtung. Sie schließt mit der Schneideebene den Einstellwinkel  $\alpha_r$  ein.

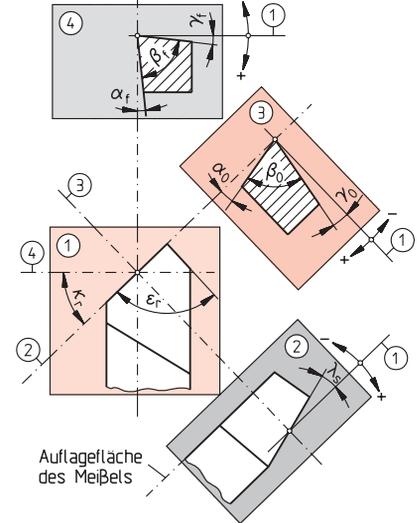
Ebene		Winkel, Werkzeug-Bezugssystem		
①	Bezugsebene (Referenzebene)	$P_r$	$\varepsilon_r$ $\alpha_r$	Eckenwinkel Einstellwinkel
②	Schneideebene	$P_s$	$\lambda_s$	Neigungswinkel
③	Orthogonal- ebene (Keilmess- ebene)	$P_o$	$\alpha_o$ $\beta_o$ $\gamma_o$	Freiwinkel <sup>1)</sup> Keilwinkel <sup>1)</sup> Spanwinkel <sup>1)</sup> $\alpha_o + \beta_o + \gamma_o = 90^\circ$
④	Arbeits- ebene	$P_f$	$\alpha_f$ $\beta_f$ $\gamma_f$	Seitenfreiwinkel Seitenkeilwinkel Seitenspanwinkel $\alpha_f + \beta_f + \gamma_f = 90^\circ$

<sup>1)</sup> Index o bedeutet orthogonal; wenn o fehlt, ist der Orthogonalwinkel gemeint.

DIN 6580 : 1985-10, DIN 6581 : 1985-10



Werkzeug-Bezugssystem



Winkel am Schneidkeil im Werkzeug-Bezugssystem

## Richtwerte für Winkel am Werkzeug in °

		HSS			HM		
		$\alpha_o$	$\gamma_o$	$\lambda_s$	$\alpha_o$	$\gamma_o$	$\lambda_s$
Drehen	Baustahl						
	$R_m < 500 \text{ N/mm}^2$	8	14	+4...-4	6...8	12...18	0...-4
	$R_m = 500 \dots 900 \text{ N/mm}^2$	6	12	+4...-4	6...8		
	Vergütungsstahl					12	0...-4
	$R_m = 800 \dots 1000 \text{ N/mm}^2$	8	10	0...-4	6...8	8...12	-4...-8
	$R_m > 1000 \text{ N/mm}^2$	8	6	0...-4	6...8	6	-4...-8
	Automatenstahl	8	$\leq 20$	0...-4	8...10	0...8	+8...0
	Gusseisen	8	10	0	6...8	6...12	0...-4
	Al-Legierung <10% Si	10	25...35	+4...0	8...10	12...20	0...-4
	>10% Si	10	18...25	0...-4	8...10	6...12	0...-4
Cu, Cu-Legierung	10	18...30	+4	8...10	8...12	0...-4	
Mg, Mg-Legierung	10	20...25	0...-4	10	15...25	0	
Ti-Legierung	10			8	12...16	0	
Duroplaste	5...10	0	+4	5...10	0	0...-4	
Thermoplaste	5...10	0...5	+4	10	0	+4...0	
Fräsen	Walzenstirnfräser				Die Winkel sind die Summe aus den Winkeln der Plattenform und den Winkeln der Plattenaufnahmefläche im Werkzeugträger; häufige Werte: $\alpha_o = 11 \dots 15^\circ$ , $\gamma_o = 10^\circ$ $\lambda_s =$ keine Angabe		
	Bau-, Vergütungsstahl	6	12	40			
	Gusseisen	6	12	40			
	Al, Al-Legierung	8	25	30			
	Cu, Cu-Legierung	6	15	45			
	Duroplaste	$\leq 15$	15...25				
	Thermoplaste	2...10	1...10				
	Scheiben-, Schafffräser				Abhängigkeit von Plattenform und Plattenaufnahmeflächen; häufige Werte: Scheibenfräser: $\alpha_o = 11^\circ$ , $\gamma_o = 0^\circ$ , $\lambda_s = 3 \dots 5^\circ$ Schafffräser: $\alpha_o = 11^\circ$ , $\gamma_o = -14 \dots 0^\circ$ ; $\lambda_s = -5 \dots 5^\circ$		
	Stahl, Gusseisen	6	12	15			
	Al, Al-Legierung <10% Si	8	25	30			
>10% Si	10	25	40				
Cu, Cu-Legierung	6	15	20				
Fräskopf							
Stahl, Gusseisen	7	12	15	8...12	5...10	-8	
Al, Al-Legierung				8...12	12...20	+4...-4	

### Drehen mit Oxidkeramik:

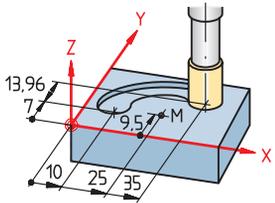
$\alpha_o = 5^\circ$ ,  $\gamma_o = 0 \dots +6^\circ$ ,  $\lambda_s = -4^\circ$

Fräsen: bei Walzenfräser ist der Neigungswinkel = Drallwinkel, bei Linksdrall ist  $\lambda_s$  negativ. Bei Scheibenfräsern  $\lambda_s \leq 45^\circ$ , Fräskopf  $\lambda_s = 7^\circ \dots 9^\circ$ .

Bohren: siehe F 42.

# Programmieren von NC-Maschinen

## Beispiele für das Programmieren von Kreisbögen

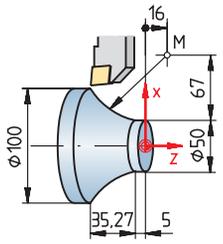


### DIN-/PAL-Programmierung

```
N10 G90
...
N50 G00 X10 Y7 Z1
N60 G01 Z-5
N70 G02 X35 Y20.96 I15 J2.5
...
N... M30
```

### Nur PAL-Programmierung

```
N10 G90
...
N50 G0 X10 Y7 Z1
N60 G1 Z-5
N70 G2 X35 Y113.96 IA25 JA9.5
...
N... M30
```



### DIN-/PAL-Programmierung

```
N 10 G90
....
N50 G42
N60 G00 X50 Z1
N70 G01 Z-5
N80 G02 X100 Z-40.27 I67 K21
N90 G40
N100 G00 X101
...
... M30
```

### Nur PAL-Programmierung

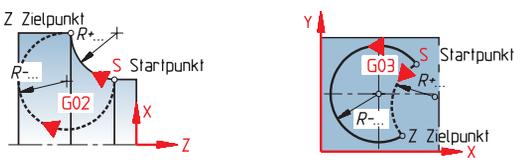
```
N 10 G90
....
N50 G42
N60 G0 X50 Z1
N70 G1 Z-5
N80 G2 X100 ZI-35.27 I67 KA16
N90 G40
N100 G0 X101
...
... M30
```

## Bewegung auf Kreisbögen (Fortsetzung)

### Nur PAL-Programmierung

Kreisbogen definiert durch Kreiszielpunkt und Radius R

**N... G02 / G03 X...Y / Z... R...<sup>2)</sup>**

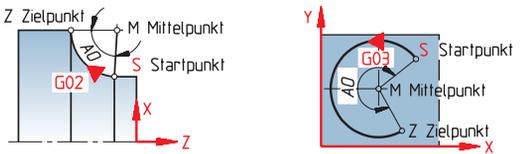


**X, Y, Z** Angabe des Kreiszielpunkts Z durch zwei Koordinaten je nach Ebene<sup>1)</sup>

**R** Gemäß der Ausnahmeregelung der Norm kann I, J und K durch die Programmierung des Radiuses ersetzt werden; sein Vorzeichen entscheidet, ob der kleine (+) oder der große Bogen (-) gefahren wird.

Kreisbogen definiert durch Kreiszielpunkt und Öffnungswinkel AO des Kreissektors

**N... G02 / G03 X... Y / Z... AO...<sup>2)</sup>**



**AO** Öffnungswinkel des Kreissektors (ohne Vorzeichen)

Kreisbogen definiert durch eine Kreiszielpunktcoordinate, Radius R und Längenkriterium O

**N... G02 / G03 X... / Y... / Z... R... O...<sup>2)</sup>**

Längenkriterium O  
1 kürzerer Bogen  
2 längerer Bogen

<sup>1)</sup> Siehe Koordinaten Seite F 65

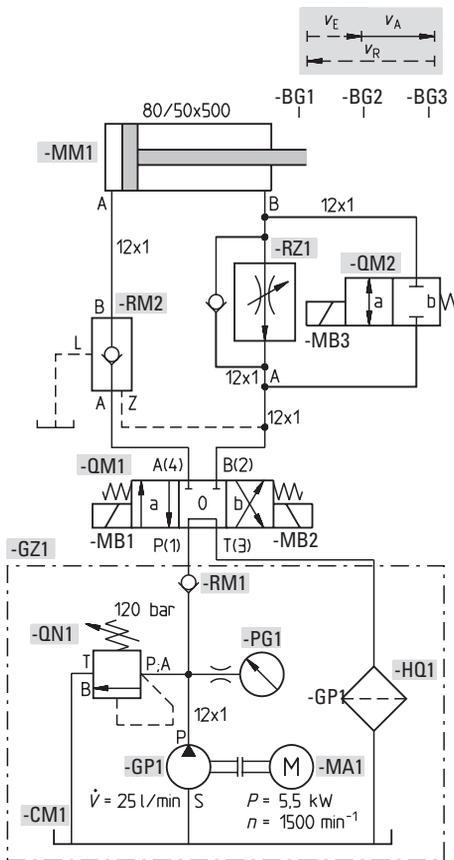
<sup>2)</sup> Weitere Adressen wie bei G0/G1

# Grundlagen der Steuerungstechnik

## Hydraulik, Schaltplanerstellung

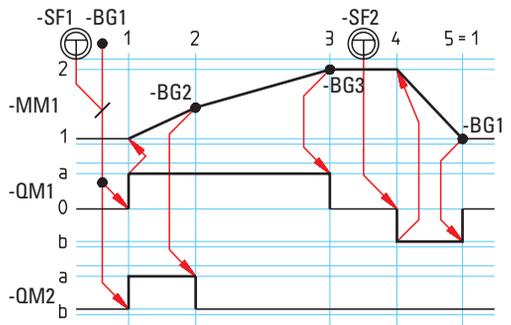
DIN EN IEC 81346-2 : 2020-10

### Schaltplan



$V_A$  Arbeitsgeschwindigkeit  
 $V_E$  Eilgeschwindigkeit  
 $V_R$  Rücklaufgeschwindigkeit

### Funktionsdiagramm



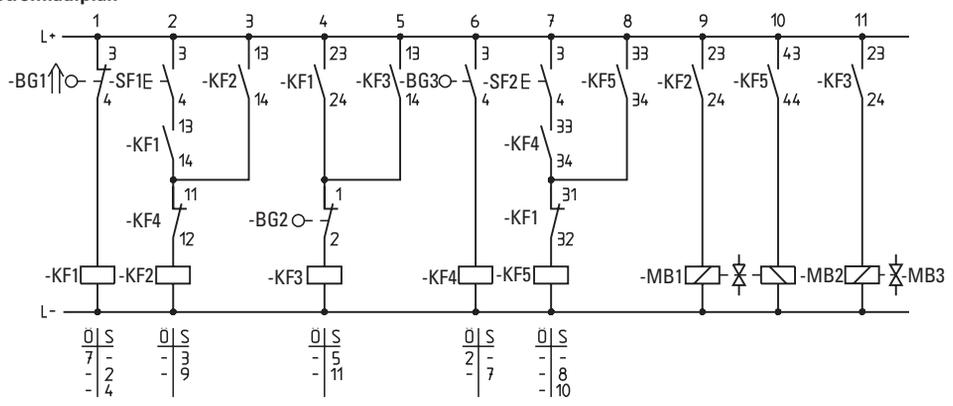
### Regeln zur Erstellung eines Hydraulikschaltplanes

- Die Geräte werden in Richtung des Energiestromes von unten nach oben dargestellt ohne zu berücksichtigen, wo die Bauteile in der Anlage eingebaut sind.
- Die Bauteile werden in Ausgangsstellung gezeichnet, bei eingeschalteter Energie vor dem Start.
- Bei elektrischer Steuerung ist dafür ein eigener Schaltplan zu zeichnen.
- Werden Signalglieder durch Antriebsglieder betätigt, so werden sie durch Markierungsstriche am Kolbenstangenweg gekennzeichnet.
- Zylinder und Wegeventile werden waagrecht gezeichnet.
- Leitungen sind geradlinig und möglichst kreuzungsfrei zu zeichnen.
- Darstellung: siehe Bemerkung S 8

### Hinweis:

Wenn das Hydraulikaggregat – GZ1 nicht selbst das betrachtete Teilsystem ist, müssen die darin enthaltenen Komponenten nicht gekennzeichnet werden.

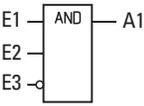
### Stromlaufplan



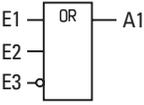
# Speicherprogrammierbare Steuerung

## Beispiele zur Programmierung einer SPS (Fortsetzung)

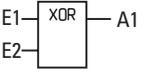
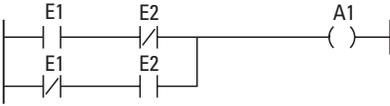
### UND/UND-NICHT (AND/AND NOT)

FBS (Funktionsbaustein)	KOP (Kontaktplan)	Bemerkung
		Der Ausgang nimmt den Signalzustand „1“ an, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind: 1-Signal an Eingang E1 UND E2 UND 0-Signal an Eingang E3.
<b>AWL (Anweisungsliste)</b> LD E1 AND E2 ANDN E3 ST A1	<b>ST (Strukturierter Text)</b> A1 := E1 AND E2 AND NOT E3;	

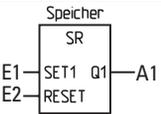
### ODER/ODER-NICHT (OR/OR NOT)

FBS (Funktionsbaustein)	KOP (Kontaktplan)	Bemerkung
		Der Ausgang nimmt den Signalzustand „1“ an, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind: An Eingang E1 ODER Eingang E2 liegt ein 1-Signal ODER an Eingang E3 liegt ein 0-Signal.
<b>AWL (Anweisungsliste)</b> LD E1 OR E2 ORN E3 ST A1	<b>ST (Strukturierter Text)</b> A1 := E1 OR E2 OR NOT E3;	

### Exklusiv ODER (XOR)

FBS (Funktionsbaustein)	KOP (Kontaktplan)	Bemerkung
		Der Ausgang nimmt nur dann den Signalzustand „1“ an, wenn die beiden Eingänge unterschiedliche Signalzustände haben.
<b>AWL (Anweisungsliste)</b> LD E1 XOR E2 ST A1	<b>ST (Strukturierter Text)</b> A1 := E1 XOR E2;	

### SR-Speicher, setzen dominant

FBS (Funktionsbaustein)	KOP (Kontaktplan)	Bemerkung
		<b>Deklaration</b> des Funktionsbausteins: <b>VAR</b> Speicher: SR; <b>END_VAR</b> <b>INSTANZENNAME:</b> „Speicher“  Man erkennt die Dominanz „Setzen“, an SET1.  Liegt an den Eingängen SET1 und RESET gleichzeitig ein 1-Signal an, so wird der Speicher gesetzt; Q1=1
<b>AWL (Anweisungsliste)</b> CAL Speicher (SET1 := E1, RESET := E2) LD Speicher.Q1 ST A1	<b>ST (Strukturierter Text)</b> Speicher (SET1 := E1, RESET := E2); A1 := Speicher.Q1;	