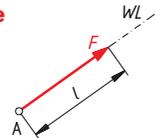
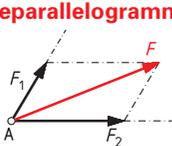
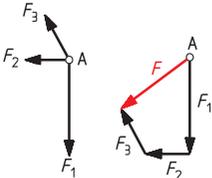
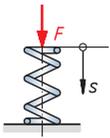
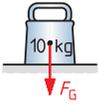
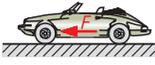
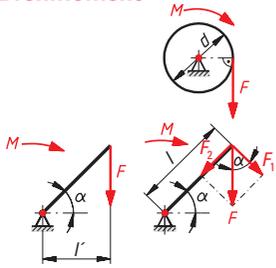


Kräfte

	Formel	Formelzeichen	Erklärung
Kräfte 	$F = l \cdot KM$ Bestimmungsgrößen: 1. Angriffspunkt A 2. Größe 3. Richtung der Kraft	F l KM WL	Kraft in N, kN Länge der gezeichneten Kraftgröße in cm, mm Kräftemaßstab in $\frac{N}{mm}$, $\frac{N}{cm}$, $\frac{kN}{cm}$ Wirkungslinie
Kräfteparallelogramm 	Addition von F_1 und F_2 zur Resultierenden F Zerlegung von F in F_1 und F_2 bei gegebenen Wirkungslinien.	F_1, F_2 F	Einzelkräfte in N, kN Resultierende in N, kN
Zentrales Kräfteck 	Die resultierende Kraft F mehrerer Kräfte ist die Verbindung des Angriffspunktes A mit dem Endpunkt der letzten Kraft.	F_1, F_2, F_3 F	Einzelkräfte in N, kN Resultierende Kraft in N, kN
Federkraft 	$F = R \cdot s$	F R s	Federkraft in N Federkonstante (Federrate) in $\frac{N}{mm}$ Federweg in mm
Gewichtskraft 	$F_G = m \cdot g$ $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$	F_G g m	Gewichtskraft in N $1 N = 1 \frac{kg \cdot m}{s^2}$ Erd-(Fall-)beschleunigung in $\frac{m}{s^2}$ Masse in kg
Beschleunigungskraft 	$F = m \cdot a$ $a \approx 3 \frac{m}{s^2}$ Pkw $a \approx 100 \frac{m}{s^2}$ Rakete $a \approx 40000 \frac{m}{s^2}$ Geschoss	F a m	Beschleunigungskraft in N Beschleunigung in $\frac{m}{s^2}$ Masse in kg
Drehmoment 	$M = F \cdot \frac{d}{2}$ $F \perp \frac{d}{2}$ $M = F \cdot l'$ $l' = l \cdot \cos \alpha$ oder $M = F_1 \cdot l$ $F_1 = F \cdot \cos \alpha$	M F $\frac{d}{2}$ l' l F, F_1, F_2 α	Drehmoment, Kraftmoment in Nm Umfangskraft in N Hebelarm = senkrechter Abstand zwischen Umfangskraft und Drehpunkt • in m wirksamer Hebelarm zu F in m wirksamer Hebelarm zu F_1 in m Kraft, Kraftkomponenten in N Neigungswinkel in °

	statisch		dynamisch	
	Lastfall I (ruhend)	Lastfall II (schwellend)	Lastfall III (wechselnd)	
Zeitlicher Verlauf				
Merkmal	Die Belastung des Bauteils verändert sich nicht, z. B. Trageil, Pfeiler	Das Bauteil wird in einer Richtung be- und entlastet, z. B. Krankette	Die Belastung des Bauteils erfolgt in wechselnder Richtung, z. B. Welle auf Wechselbiegung	
Zug	Streckgrenze ¹⁾ $R_e, (R_{p0,2})$	Zug-Schwellfestigkeit σ_{zSch}	Zug-Druck-Wechselfestigkeit σ_{zdW}	
Druck	Quetschgrenze σ_{dF}	Druck-Schwellfestigkeit σ_{dSch}		
Biegung	Biege-Fließgrenze σ_{bF}	Biege-Schwellfestigkeit σ_{bSch}	Biege-Wechselfestigkeit σ_{bW}	
Torsion	Torsions-Fließgrenze τ_{tF}	Torsions-Schwellfestigkeit τ_{tSch}	Torsions-Wechselfestigkeit τ_{tW}	
Abscherung	Abscherfestigkeit ²⁾ τ_{aB}	-	-	

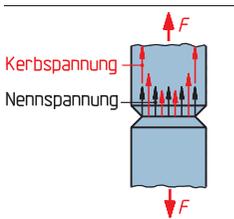
¹⁾ Bei Werkstoffen ohne ausgeprägte Streckgrenze R_e , wie z. B. bei vergütetem oder gehärtetem Stahl, Cu, Sn und Zn wird die Streckgrenze R_e durch die 0,2% Dehngrenze $R_{p0,2}$, d. h. Spannung bei 0,2% bleibender Verformung, ersetzt.

²⁾ Festigkeitswerte für Abscherung siehe Kap. Fertigungstechnik, Trennen durch Zerteilen.

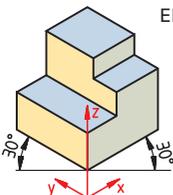
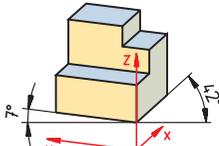
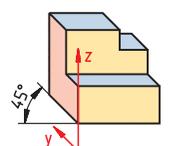
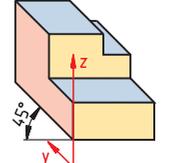
Dauerfestigkeit σ_D, τ_D

Beanspruchungen

	statisch		dynamisch	
	Lastfall I (ruhend)	Lastfall II (schwellend)	Lastfall III (wechselnd)	
Werkstoff	zäh	spröde		
	Stahl, Stahlguss, Aluminium	Grauguss, Temperguss		
Festigkeitskennwert s. Kap. Werkstofftechnik	$R_e, R_{p0,2}, \sigma_{bF}, \tau_{tF}, \sigma_{dF}$	$R_m, \sigma_{dB}, \sigma_{bB}, \tau_{tB}$ (Bruchgrenzen)	$\sigma_{zSch}, \sigma_{dSch}, \sigma_{bSch}, \tau_{tSch}$	$\sigma_{zdW}, \sigma_{bW}, \tau_{tW}$
Sicherheitsfaktor	$v \approx 1,3 \dots 2$	$v \approx 2 \dots 4$	$v \approx 3 \dots 6$	
	Richtwerte, im allgemeinen Maschinenbau im Ermessen des Konstrukteurs			



Kerbwirkungszahl	Für Werkstoffe S235 ... S355	
	Kerbform	β_K
$\beta_K \approx 1$	Rundkerbe in Welle	1,5 ... 2,2
	Eindrehung Sicherungsring abgesetzte Welle	2,0 ... 2,5
	Passfedernut in Welle	1,5 ... 2
	Scheibfedernut in Welle	1,6 ... 2
	Keilwelle	1,8 ... 3
	Querbohrung Welle	2,0 ... 2,5
		1,5 ... 1,8

Isometrische Projektion	Dimetrische Projektion	Kabinett-Projektion	Kavalier-Projektion
Ellipsenkonstruktionen, falls erforderlich, siehe Geometrische Grundkonstruktionen			
			
Abmessungen in Richtung x, y, z 1:1	Abmessungen in Richtung y, z 1:1 x 1:2	Abmessungen in Richtung x, z 1:1 y 1:2	Abmessungen in Richtung x, y, z 1:1

Anordnung der Ansichten

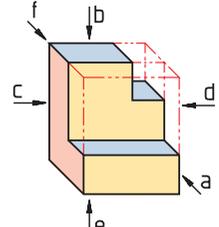
DIN ISO 5456 : 1998-04, DIN ISO 128-30 : 2002-05

Projektionsmethode 1 (zur Zeit übliche Methode)

Das Symbol zur Kennzeichnung der Methode muss im oder in Nähe Schriftfeld angegeben werden. 

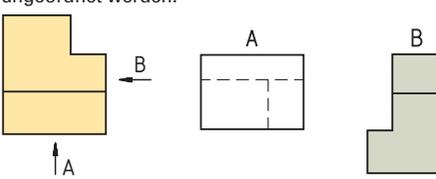
Linienbreite d	0,35	0,5	0,7
Höhe h	3,5	5	7
Höhe H	7	10	14

Die Blickrichtung wird mit Kleinbuchstaben angegeben, die Ansicht mit Großbuchstaben.



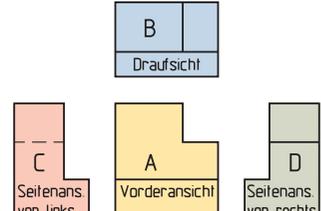
Pfeilmethode (von der Norm bevorzugte Methode)

Der Pfeil gibt die Blickrichtung an. Ansichten dürfen zur Vorderansicht beliebig angeordnet werden.



Projektionsmethode 3

Das Symbol zur Kennzeichnung der Methode muss im oder in Nähe Schriftfeld angegeben werden. 



- **Verdeckte Kanten** werden nur dann gezeichnet, wenn sie zum Verständnis dienen oder durch sie z.B. eine weitere Ansicht gesparrt werden kann.
- Die **Vorderansicht** ist die aussagefähigste Ansicht, bei der die Gebrauchslage und Fertigungslage berücksichtigt wird.
- Die **Anzahl der Ansichten** ist so groß, wie zur eindeutigen Darstellung eines Körpers notwendig.
- In Teilzeichnungen wird die Vorderansicht bevorzugt in **Fertigungslage** dargestellt.
- Drehteile werden liegend und mit dem großen Durchmesser links dargestellt.
- In Haupt- und Gruppenzeichnungen wird die Hauptansicht bevorzugt in **Gebrauchs-** oder **Einbaulage** dargestellt.
- Die **Leselage** (Gebrauchslage) der Zeichnung ist die Leserichtung des Schriftfeldes. Nur bei Format A4 kann die Gebrauchslage um 90° gedreht werden.

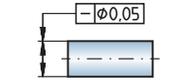
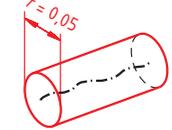
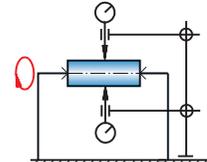
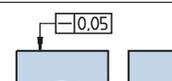
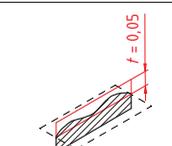
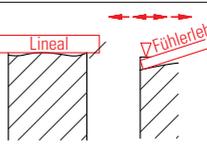
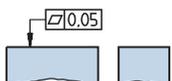
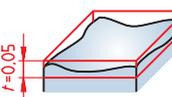
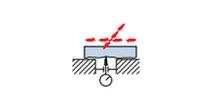
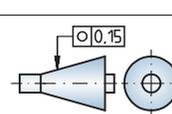
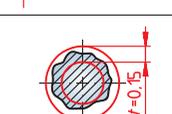
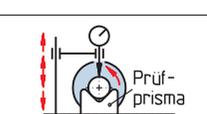
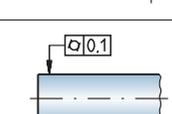
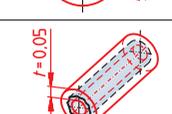
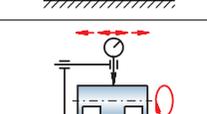
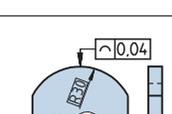
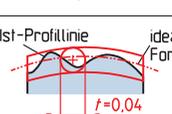
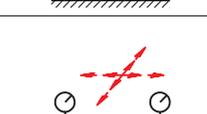
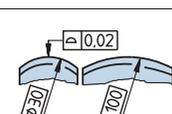
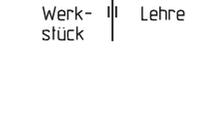
Toleranzen und Passungen

Geometrische Produktspezifikation (GPS)

DIN EN ISO 1101 : 2014-04

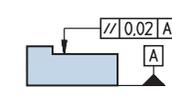
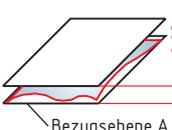
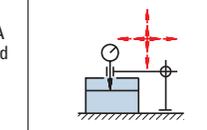
Formtoleranzen

Sie begrenzen die zulässige Abweichung eines Elements von seiner geometrischen Idealform.

Symbol Merkmal	Zeichnungseintragung	Toleranzzone	Beispiel	Messmöglichkeit
 Geradheit			Die mittlere Ist-Linie des Zylinders muss innerhalb einer zylindrischen Toleranzzone vom Durchmesser $t=0,05$ mm liegen.	
			Jede Ist-Linie auf der Oberfläche rechtwinklig zur Zeichenebene muss innerhalb von zwei Geraden vom Abstand $t=0,05$ mm liegen.	
 Ebenheit			Die Ist-Oberfläche muss zwischen zwei parallelen Ebenen vom Abstand $t=0,05$ mm liegen.	
 Rundheit			Die Ist-Umfanglinie jedes Querschnittes muss zwischen den konzentrischen Kreisen vom Abstand $t=0,15$ mm liegen.	
 Zylindrizität			Die Ist-Zylindermantelfläche muss zwischen zwei koaxialen Zylindern vom Abstand $t=0,1$ mm liegen.	
 Profilform (Linie)			Jede Ist-Profilinie, entstanden durch einen parallelen Schnitt zur Zeichenebene, muss zwischen zwei Linien liegen, die Kreise vom Durchmesser $t=0,4$ mm einhüllen.	
 Profilform (Fläche)			Die Ist-Oberfläche muss zwischen zwei Hüllflächen an Kugeln vom Durchmesser $t=0,02$ mm liegen, deren Mitteln auf der geometrisch idealen Form liegen.	

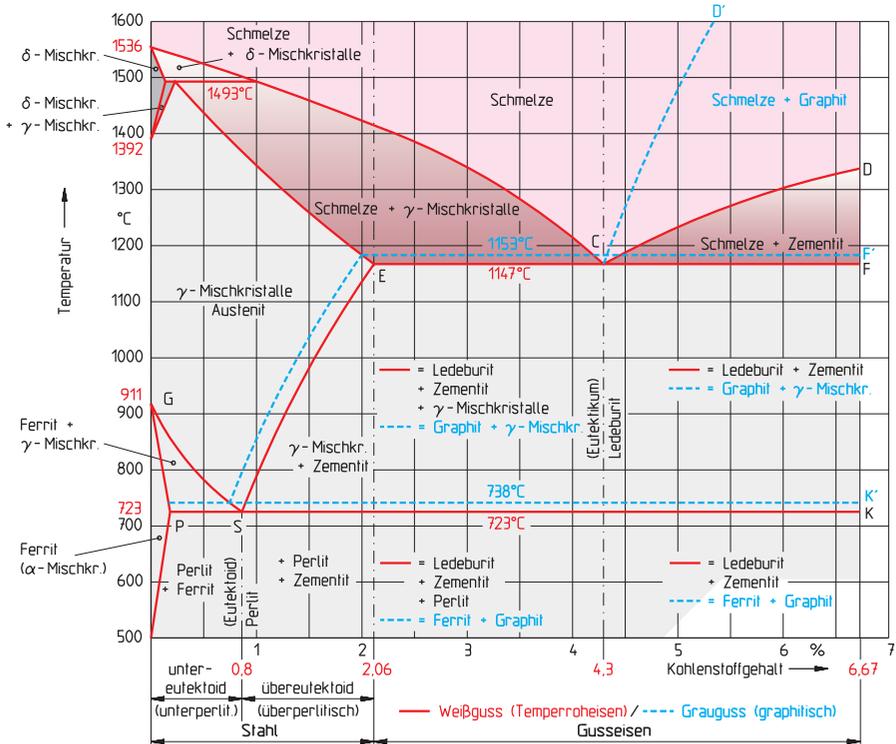
Lagetoleranzen

Sie begrenzen die zulässige Abweichung zweier oder mehrerer Elemente von einer idealen Lage zueinander.

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

Stahl- und Gusseisengefüge

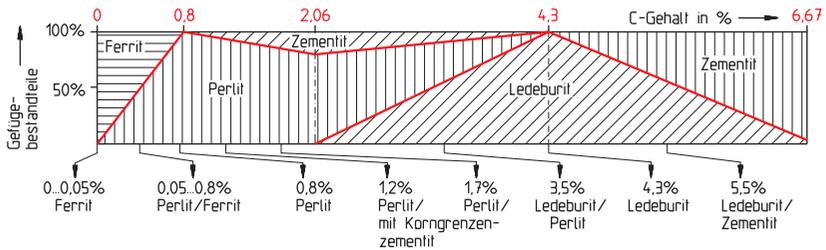
Zustandsschaubild: Eisen-Kohlenstoff



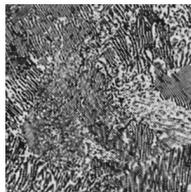
— **Metastabiles System: Fe – Fe₃C**
Durch Glühen veränderliches Gefüge

--- **Stabiles System: Fe – C**
Graphitausscheidungen durch Glühen nicht veränderlich

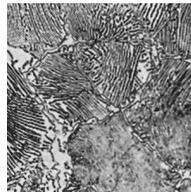
Gefügebestandteile bei Raumtemperatur nach langsamer Abkühlung (Metastabiles System)



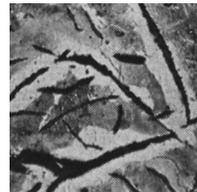
unterperlitischer Stahl



perlitischer Stahl

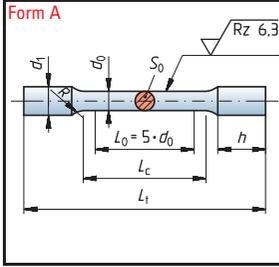


überperlitischer Stahl



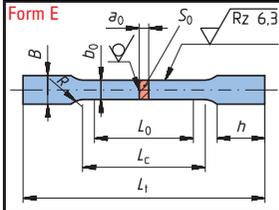
ferritisch-perlitisches Gusseisen

Zylindrische Formen: A, B, C, D, (F: unbearbeitete Rundstange)



d_0	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	25
L_0	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	125
L_c min	24	30	36	48	60	72	84	96	108	120	150
R min	3	4	5	6	8	9	11	12	14	15	20
Form A d_1	5	6	8	10	12	15	17	20	22	24	30
L_t min	60	74	92	115	138	162	186	210	233	255	310
h min	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70
Form B d_1	M6	M8	M10	M12	M16	M18	M20	M24	M27	M30	M33
L_t min	41	51	60	77	97	116	134	154	173	191	234
h min	6	7	8	10	12	15	17	20	22	24	30

Flache Formen: E, H, (G: unbearbeitete Flachstäbe, Profile)



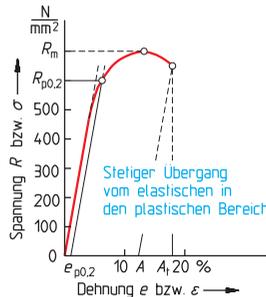
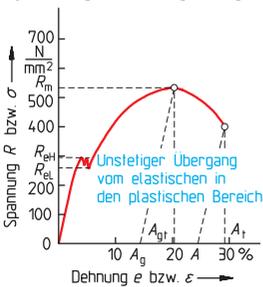
a_0	2	2	3	4	5	5	6	7	8	10	10	12	15	18
b_0	6	10	8	10	10	16	20	22	25	25	30	26	30	30
L_0	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100	100	120	130
B min	10	15	12	15	15	22	27	29	33	33	40	34	40	40
h min	22	30	26	30	30	40	50	55	60	60	70	65	70	70
R min	12	12	12	12	12	15	15	20	20	20	25	25	25	25
L_c min	26	32	38	45	51	64	77	89	102	114	126	127	152	165
L_t min	84	107	104	120	126	162	197	222	246	258	296	285	322	335

Zugversuch von Metallen

DIN EN ISO 6892-1 : 2017-02

Beim Zugversuch wird eine genormte Zugprobe einer steigenden Zugbelastung bis zum Bruch unterzogen. Hierbei ermittelt man die Zugfestigkeit R_m , die untere Dehngrenze R_{eL} bzw. die obere Dehngrenze R_{eH} oder die Dehngrenze bei plastischer Dehnung $R_{p0,2}$ sowie die Bruchdehnung A .

Spannungs-Dehnungs-Diagramm



Formeln:

$$R_m = \frac{F_m}{S_0}$$

$$R_{eL} = \frac{F_{eL}}{S_0}$$

$$R_{eH} = \frac{F_{eH}}{S_0}$$

$$R_{p0,2} = \frac{F_{p0,2}}{S_0}$$

R_e ist nicht genormt, im Allgemeinen definiert als

$$R_e \hat{=} \frac{F_{eH}}{S_0} = R_{eH} \quad 1)$$

$$A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \cdot 100\%$$

$$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \cdot 100\%$$

$$E = \frac{\Delta R}{\Delta e} \cdot 100\%$$

Weiterhin gelten für alle allgemeine Größen bei der Festigkeitsberechnung:

Zugspannung R bzw. $\sigma = \frac{F}{S_0}$ in N/mm² Dehnung e bzw. $\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \cdot 100\%$ in % E-Modul $E = \frac{\sigma}{\epsilon} \cdot 100\%$ in N/mm²

Anmerkung: σ - ϵ -Bezeichnungen in Diagrammen und Formeln entsprechen der zurückgezogenen Norm DIN EN 10002-1

Bezeichnungen:

R_m	Zugfestigkeit	in N/mm ²
R_p	Dehngrenze (Streckgrenze)	in N/mm ²
	z.B. $R_{p0,2} = R_p$ bei 0,2% bleibender Dehnung	
R_{eH}	obere Streckgrenze	in N/mm ²
R_{eL}	untere Streckgrenze	in N/mm ²
A	Bruchdehnung	in %
A_t	max. Dehnung beim Bruch	in %
A_g	plast. Dehnung bei Höchstkraft	in %
A_{gt}	gesamte Dehnung bei Höchstkraft	in %

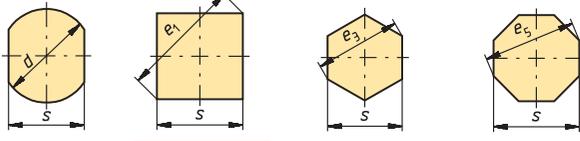
e_p	vorgegebene plastische Dehnung	in %
	z.B. $e_{p0,2}$ entspricht 0,2% bleibender Dehnung	
Z	Brucheinschnürung	in %
F_m	Höchstzugkraft	in N
F_e	Zugkraft bei $R_e = R_{eH}$	in N
$F_{p0,2}$	Zugkraft bei $R_{p0,2}$	in N
L_0	Anfangsmesslänge	in mm
L_u	Messlänge nach dem Bruch	in mm
S_0	Anfangsquerschnitt	in mm ²
S_u	Querschnitt nach dem Bruch	in mm ²

1) Darstellungsweise nicht genormt

Schrauben

Schlüsselweiten für Schrauben und Armaturen

DIN 475-1 : 1984-01



Theoretische Beziehungen:

$$e_1 = \sqrt{2} \cdot s$$

$$\approx 1,4142 \cdot s$$

$$s \approx 0,7071 \cdot e_1$$

$$e_3 = \frac{2}{3} \sqrt{3} \cdot s$$

$$\approx 1,1547 \cdot s$$

$$s \approx 0,8660 \cdot e_3$$

$$e_5 = \frac{s}{\cos 22,5^\circ}$$

$$\approx 1,0824 \cdot s$$

$$s \approx 0,9239 \cdot e_5$$

Toleranzfelder

Reihe 1		Reihe 2	
$s \leq 4$	h12	$s \leq 19$	h14
$4 < s \leq 32$	h13	$19 < s \leq 60$	h15
$s > 32$	h14	$s > 60$	h16

Beispiel: DIN 475 – SW 19-1
Schlüsselweite $s = 19$ mm
Reihe 1

Maße in mm, Toleranzen Reihe 1

Schlüsselweite (SW)		Eckenmaße		
s_{max}	s_{min}	2kant d	4kant e_1	6kant e_3_{min}
3,2 ¹⁾	3,08	3,7	4,5	3,48
3,5	3,38	4	4,9	3,82
4 ¹⁾	3,88	4,5	5,7	4,38
4,5	4,32	5	6,4	4,88
5 ¹⁾	4,82	6	7,1	5,45
5,5 ¹⁾	5,32	7	7,8	6,01
6	5,82	7	8,5	6,58
7 ¹⁾	6,78	8	9,9	7,66
8 ¹⁾	7,78	9	11,3	8,79
9	8,78	10	12,7	9,92
10 ¹⁾	9,78	12	14,1	11,05
11 ¹⁾	10,73	13	15,6	12,12
12	11,73	14	17,0	13,25
13 ¹⁾	12,73	15	18,4	14,38
14	13,73	16	19,8	15,51
15	14,73	17	21,2	16,64
16 ¹⁾	15,73	18	22,6	17,77
17	16,73	19	24	18,90
18 ¹⁾	17,73	21	25,4	20,03
19	18,63	22	26,9	21,10

Schlüsselweite (SW)		Eckenmaße			
s_{max}	s_{min}	2kant d	4kant e_1	6kant e_3_{min}	8kant e_5_{min}
20	19,67	23	28,3	22,23	—
21 ¹⁾	20,67	24	29,7	23,36	22,7
22	21,67	25	31,1	24,49	23,8
23	22,67	26	32,5	25,62	24,9
24 ¹⁾	23,67	28	33,9	26,75	26
25	24,67	29	35,5	27,88	27
26	25,67	31	36,8	29,01	28,1
27 ¹⁾	26,67	32	38,2	30,14	29,1
28	27,67	33	39,6	31,27	30,2
30 ¹⁾	29,67	35	42,4	33,53	32,5
32	31,61	38	45,3	35,72	34,6
34 ¹⁾	33,38	40	48	37,72	36,7
36 ¹⁾	35,38	42	50,9	39,98	39
41 ¹⁾	40,38	48	58	45,63	44,4
46 ¹⁾	45,38	52	65,1	51,28	49,8
50 ¹⁾	49,38	58	70,7	55,80	54,1
55 ¹⁾	54,26	65	77,8	61,31	59,5
60 ¹⁾	59,26	70	84,8	66,96	64,9
65 ¹⁾	64,26	75	91,9	72,61	70,3
70 ¹⁾	69,26	82	99	78,26	75,7

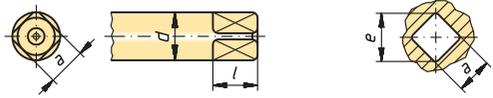
1) Auswahlreihe für Sechskantschrauben und -mutter nach DIN ISO 272
Hinweis: Theoretische Umrechnungen Schlüsselweite-Eckenmaß s. Kap. Theoretische Grundlagen
Vierkant- und Sechskantprofile s. Kap. Werkstofftechnik

Vierkante von Zylinderschäften für rotierende Werkzeuge

DIN 10 : 2009-12

Außenvierkant

Innenvierkant



Beispiel: Vierkant DIN 10-16
Nennmaß $a = 16$ mm

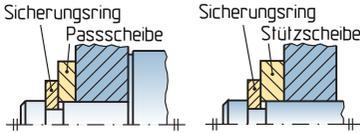
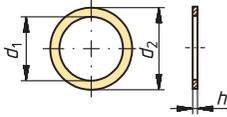
Maße in mm

Schaft- \varnothing d	Bereich für d über bis		Nennmaß a	Außenvierkant			Innenvierkant		
	a_{max}	a_{min}		l	a_{max}	a_{min}	e		
2,5; 2,8	2,47	2,83	2,1	2,1	2,01	5	2,26	2,12	2,89
—	2,83	3,2	2,4	2,4	2,31	5	2,56	2,42	3,27
3,5	3,2	3,6	2,7	2,7	2,61	6	2,86	2,72	3,67
4	3,6	4,01	3,0	3	2,91	6	3,16	3,02	4,08
5	4,53	5,08	3,8	3,8	3,68	7	4,01	3,83	5,15
6	5,79	6,53	4,9	4,9	4,78	8	5,11	4,93	6,61
8	7,33	8,27	6,2	6,2	6,05	9	6,46	6,24	8,35
10	9,46	10,67	8	8	7,85	11	8,26	8,04	10,77
—	12	13,33	10	10	9,85	13	10,26	10,04	13,43
16	14,67	16,00	12	12	11,82	15	12,32	12,05	16,1
20	19,33	21,33	16	16	15,82	19	16,32	16,05	21,44
25	24	26,67	20	20	19,79	23	20,395	20,065	26,78

Welle-Nabe-Verbindungen

Passscheiben und Stützscheiben

DIN 988 : 1990-03



Funktion:
Lagefixierung Axialkräfteabstützung
Werkstoff:
Stahl Federstahl

Maße in mm

d_1 (D12)	8	10	12	14	16	18	20	22	25	26	28
d_2 (d12)	14	16	18	20	22	25	28	30	35	37	40

d_1 (D12)	30	32	35	37	40	42	45	48	50	52	55
d_2 (d12)	42	45	45	47	50	52	55	60	63	65	68

d_1 (D12)	56	60	63	65	70	75	80	85	90	95	100
d_2 (d12)	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120

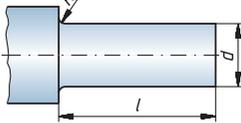
Dicke h : 0,1; 0,15; 0,2; 0,3; 0,5; 1; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9; 2,0

Beispiel: Stützscheibe DIN 988 – 40 × 50 × 2,5

Innen- \varnothing $d_1 = 40$ mm, Außen- \varnothing $d_2 = 50$ mm, Dicke $h = 2,5$ mm

Wellenenden

zylindrisch, DIN 748-1

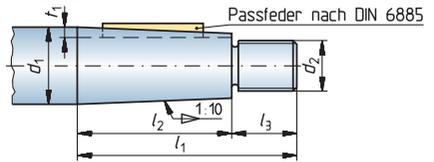


Maße in mm

d	Toleranzfeld	l		R
		lang	kurz	
10	k6	23	15	0,6
11		23	15	
12		30	18	
14		30	18	
16		40	28	
19		40	28	
20		50	36	1
22		50	36	
24		50	36	
25		60	42	
28		60	42	
30		80	58	
32		80	58	1,6
35		80	58	
38		80	58	
40		110	82	
42	110	82		
45	110	82		
48	110	82	2,5	
50	110	82		
55	110	82		
60	140	105		
65	140	105		
70	140	105		
75	140	105	4	
80	170	130		
85	170	130		
90	170	130		
95	170	130		
100	210	165		
110	210	165	6	
120	210	165		
140	250	200		
160	300	240		
180	300	240		
200	350	280		

DIN 748-1 : 1970-01, DIN 1448-1 : 1970-01

kegelig, DIN 1448-1



d_1	l_1		l_2		l_3	Passfeder $b \times h$	Gewinde d_2
	lang	kurz	lang	kurz			
10	23	—	15	—	8	2 × 2	M6
11	23	—	15	—	8	2 × 2	M6
12	30	—	18	—	12	3 × 3	M8 × 1
14	30	—	18	—	12	3 × 3	M8 × 1
16	40	28	28	16	12	3 × 3	M10 × 1,25
19	40	28	28	16	12	4 × 4	M10 × 1,25
20	50	36	36	22	14	4 × 4	M12 × 1,25
22	50	36	36	22	14	4 × 4	M12 × 1,25
24	50	36	36	22	14	5 × 5	M12 × 1,25
25	60	42	42	24	18	5 × 5	M16 × 1,5
28	60	42	42	24	18	5 × 5	M16 × 1,5
30	80	58	58	36	22	5 × 5	M20 × 1,5
32	80	58	58	36	22	6 × 6	M20 × 1,5
35	80	58	58	36	22	6 × 6	M20 × 1,5
38	80	58	58	36	22	6 × 6	M24 × 2
40	110	82	82	54	28	10 × 8	M24 × 2
42	110	82	82	54	28	10 × 8	M24 × 2
45	110	82	82	54	28	12 × 8	M30 × 2
48	110	82	82	54	28	12 × 8	M30 × 2
50	110	82	82	54	28	12 × 8	M36 × 3
55	110	82	82	54	28	14 × 9	M36 × 3
60	140	105	105	70	35	16 × 10	M42 × 3
65	140	105	105	70	35	16 × 10	M42 × 3
70	140	105	105	70	35	18 × 11	M48 × 3
75	140	105	105	70	35	18 × 11	M48 × 3
80	170	130	130	90	40	20 × 12	M56 × 4
85	170	130	130	90	40	20 × 12	M56 × 4
90	170	130	130	90	40	22 × 14	M64 × 4
95	170	130	130	90	40	22 × 14	M64 × 4
100	210	165	165	120	45	25 × 14	M72 × 4
110	210	165	165	120	45	25 × 14	M80 × 4
120	210	165	165	120	45	28 × 16	M90 × 4
140	250	200	200	150	50	32 × 18	M100 × 4
160	300	240	240	180	60	36 × 20	M125 × 4
180	300	240	240	180	60	40 × 22	M140 × 6
200	350	280	280	210	70	40 × 22	M160 × 6

Trennen: Betriebsmittelhauptnutzungszeit

Betriebsmittelhauptnutzungszeit beim Bohren, Reiben, Senken, Gewindebohren

bei stufenloser Umdrehungsfrequenzeinstellung

$$t_h = \frac{d \cdot \pi \cdot L \cdot i}{v_c \cdot f}$$

- d in mm Bohrerdurchmesser und Bohrungsdurchmesser, Reibahldurchmesser
- f in mm Vorschub je Umdrehung
- i Anzahl der Bohrungen
- κ_r in ° Einstellwinkel der Reibahle
- L in mm Vorschubweg
- l_a in mm Anlaufweg
- l_s in mm Spitzenlänge
- $l_{\ddot{u}}$ in mm Überlaufweg

bei festen Umdrehungsfrequenzstufen

$$t_h = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} \quad t_h = \frac{L \cdot i}{v_f}$$

- l_w in mm Bohrungstiefe
- n in $\frac{1}{\text{min}}$ Umdrehungsfrequenz des Bohrers
- P in mm Steigung des Gewindebohrers
- σ in ° Spitzenwinkel des Bohrers
- t_h in min Betriebsmittelhauptnutzungszeit
- v_c in $\frac{\text{m}}{\text{min}}$ Schnittgeschwindigkeit
- v_f in $\frac{\text{mm}}{\text{min}}$ Vorschubgeschwindigkeit

$$v_f = f \cdot n$$

Bearbeitungsweg

Bohren	Gewindebohren	Senken	Reiben
$L = l_w + l_s + l_a + l_{\ddot{u}}^1$	$L = l_w + l_s + l_a + l_{\ddot{u}}^1$	$L = l_w + l_a^1$	$L = l_w + l_s + l_a + l_{\ddot{u}}^1$

Grundloch: $l_{\ddot{u}} = 0$ ¹⁾ ohne weitere Angabe: $l_a = l_{\ddot{u}} = 2 \text{ mm}$

Bohren					Gewindebohren
σ^1	80°	118°	130°	140°	$l_s = (2 \dots 3) \cdot P$
l_s	0,6 · d	0,3 · d	0,2 · d	0,18 · d	gültig für eingängiges Gewinde

Reiben:
 Maschinenreihen: $\kappa_r = 45^\circ$
 Schälreihen: $\kappa_r = 1^\circ \dots 2^\circ$
 Handreihen: $\kappa_r = 20^\circ \dots 30^\circ$
 Alle Werte sind auch für Aufstreckreihen gültig.

¹⁾ Spitzenwinkel siehe F 38

Betriebsmittelhauptnutzungszeit beim Abtragen

Funkenerosives Schneiden

$$t_h = \frac{L \cdot i}{v_f}$$

Funkenerosives Senken

$$t_h = \frac{V}{V_w} \quad V = A \cdot l_w$$

- A in mm² Querschnittsfläche des Abtragungsvolumens
- i Anzahl der Schnitte
- L in mm Vorschubweg
- l_a in mm Anlaufweg
- $l_{\ddot{u}}$ in mm Überlaufweg
- l_w in mm Schnittweg
- t_h in min Betriebsmittelhauptnutzungszeit
- V in mm³ abzutragendes Volumen
- v_f in $\frac{\text{mm}}{\text{min}}$ Vorschubgeschwindigkeit
- V_w in $\frac{\text{mm}^3}{\text{min}}$ Abtragrate

Funkenerosives Schneiden	Funkenerosives Senken
$L = l_w^1 + l_a + l_{\ddot{u}}$	$L = l_w + l_a$

¹⁾ gestreckte Länge einsetzen (Schnittlänge) ohne weitere Angabe $l_a = l_{\ddot{u}} = 0,5 \dots 1 \text{ mm}$

Trennen: Werkzeuge

Bezeichnung von Wendeschneidplatten

DIN ISO 1832 : 2014-10
 ISO 1832 : 2017-02
 DIN ISO 16462 : 2015-08
 DIN ISO 16463 : 2015-08

Beispiel:

Schneidplatte DIN ISO 1832 - TPGN 16 03 08 E N -P20

(allgemeine Bezeichnung)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 13

Schneidplatte ISO 16463 - TPGT 16 T3 AP S R 01520 - M 028 - P20

(bestückte Schneidplatten zum Fräsen, ISO 16462)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13

Schneidplatten mit		
ungerader Seitenanzahl und Eckenrundungen	gerader Seitenanzahl und Eckenrundungen	Planschneiden

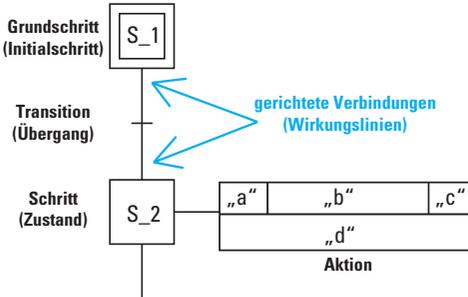
1 Grundform	gleichwinklig	gleichseitig					ungleichseitig		ϵ_r															
		T	S	P	H	O	R	L																
		60°	90°	108°	120°	135°	—	90°																
1 Grundform	ungleichwinklig	V	D	E	C	W	M	K	B	A	ϵ_r													
		35°	55°	75°	80°	80°	86°	55°	82°	85°														
2 Normal-Freiwinkel α_n	A	B	C	D	E	F	G	N	P	O														
	3°	5°	7°	15°	20°	25°	30°	0°	11°	Sonderausführung														
3 Toleranzklassen (alle Maße als \pm , in mm)	A		F		C		H		E		G		J		K		L		M		N		U	
	Dicke s		0,025				0,13		0,025		0,13		0,025		0,13		0,025		0,13		0,025		0,13	
	Prüfmaß m		0,005		0,013		0,025		0,005		0,013		0,025		0,08...0,2		0,13...0,38							
4 Spanformer und Befestigungsmerkmal	A	G		N		U																		
	B	H		Q		W																		
	C	J		R																				
	F	M		T																				
5 Plattengröße	Angabe der Schneidkantenlänge l in mm, Nachkommastellen werden weggelassen. Bei einstelligem Maß wird eine Null vorangestellt. Bei ungleichseitigen Platten wird die Länge der Hauptschneide angegeben. Bei runden Platten wird der Durchmesser d angegeben.																							
6 Plattendicke	Angabe der Plattendicke s in mm, Nachkommastellen werden weggelassen. Bei einstelligem Maß wird eine Null vorangestellt.																							

Ablaufsteuerung

Ablaufsteuerungen können mittels einer Schrittsteuerung realisiert werden. Dabei können diese pneumatisch, elektropneumatisch oder speicherprogrammiert ausgeführt.

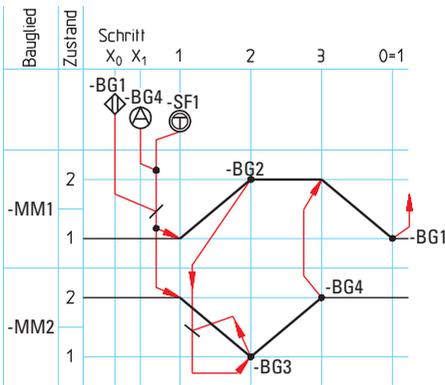
Darstellung einer linearen Ablaufsteuerung nach DIN EN 61131-3

Bei der technischen Umsetzung der Ablaufsteuerung mittels einer speicherprogrammierbaren Steuerung erfolgt die Darstellung häufig mithilfe der Ablaufsprache (AS).

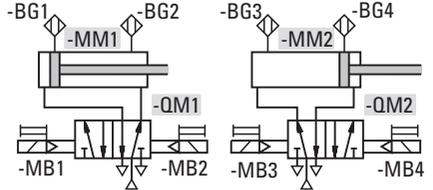


- Feld a Bestimmungszeichen
- Feld b Aktionsname
- Feld c Anzeigevariable (zukünftig nach Norm nicht mehr erwünscht)
- Feld d optionale Beschreibung der Aktion in AWL, ST, KOP, FBS

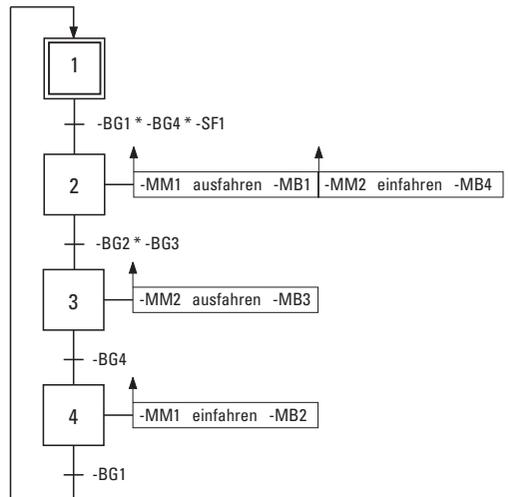
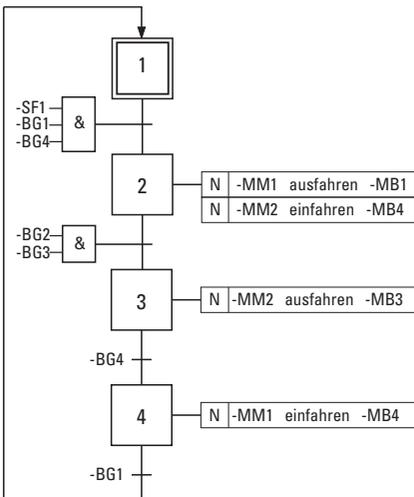
Beispiel: Funktionsdiagramm



Elektropneumatischer Schaltplan



Vergleichende Darstellung des Ablaufplans der linearen Ablaufsteuerung nach DIN EN 61131-3 (links) und nach DIN EN 60484 (GRAFSET) (rechts)



Stellgeräte	Stellantriebe	Regler
Stellglied, Stellort	Stellantrieb allgemein	Regler, allgemein
Stellgerät	Hand-Stellantrieb ¹⁾	PID-Regler steigendes Ausgangssignal bei steigendem Eingangssignal
Bei Ausfall der Hilfsenergie nimmt das Stellgerät die Stellung für maximalen Massenstrom oder Energiefluss ein ¹⁾	Membran-Stellantrieb	PD-Zweipunktregler mit schaltendem Ausgang
Bei Ausfall der Hilfsenergie nimmt das Stellgerät die Stellung für minimalen Massenstrom oder Energiefluss ein ¹⁾	Kolben-Stellantrieb	PI-Regler mit fallendem Ausgangssignal bei steigendem Eingangssignal
Stellgerät verbleibt bei Ausfall der Hilfsenergie in vorgegebener Stellung ¹⁾	Motor-Stellantrieb	Dreipunktregler mit schaltendem Ausgang
Stellgerät verbleibt bei Ausfall der Hilfsenergie in vorgegebener Stellung, Pfeil gibt die zulässige Driftrichtung an ¹⁾	Magnet-Stellantrieb	anzeigender Regler
	Feder-Stellantrieb	schreibender Regler

¹⁾ nicht genormt

Einsteller	Messumformer, Signalumformer (Übersetzer)
Einsteller allgemein	= Analogsignal
Signaleinsteller für elektrisches Einheits-signal 4 ... 20 mA mit Anzeige	= Digitalsignal
Schaltgerät allgemein	= Binärsignal
	= elektrisches Einheits-signal
	= pneumatisches Einheits-signal 0,2 ... 1,0 bar
	= Temperatur
	= Druck
	= Differenzdruck
	Umformer allgemein Eintrag der Signalarten in den freien Ecken
	Messumformer für Temperatur in elektrisches Einheits-signal, galvanische Trennung
	Analog-Digital-Umformer
	Verstärker Signal-speicher allgemein

Aufnehmer
An die Stelle * werden für die aufzunehmenden Größen Buchstaben geschrieben. F: Durchfluss allgemein; T: Temperatur; P: Druck; L: Stand, Niveau; Q: Qualitätsgröße, Stoffeigenschaft; G: Abstand, Länge; R: Strahlung; S: Drehzahl, Frequenz, Geschwindigkeit; W: Gewichtskraft. Zusätzlich kann in jedes Feld ein genormtes Symbol gesetzt werden, auch schriftliche Angaben sind möglich.
* z. B. 30°C Temperatur-schalter, schließt bei ≥30 °C Wegaufnehmer, Näherungssensor