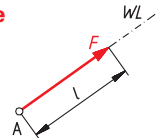
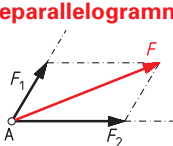
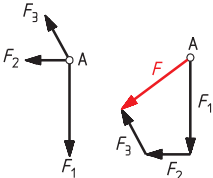
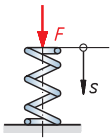
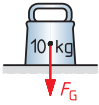
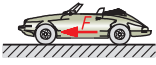
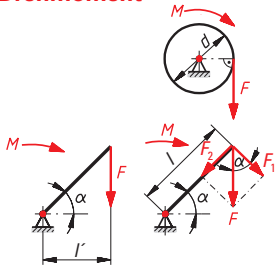
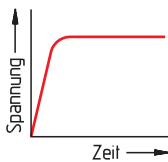
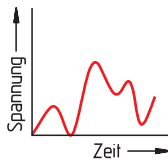
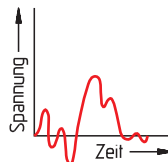


# Kräfte

	Formel	Formelzeichen	Erklärung
<b>Kräfte</b> 	$F = l \cdot KM$  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
<b>Kräfteparallelogramm</b> 	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
<b>Zentrales Kräfteck</b> 	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
<b>Federkraft</b> 	$F = R \cdot s$	$F$  $R$  $s$	Federkraft in N Federkonstante (Federrate) in $\frac{N}{mm}$ Federweg in mm
<b>Gewichtskraft</b> 	$F_G = m \cdot g$  $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$	$F_G$  $g$  $m$	Gewichtskraft in N $1 N = 1 \frac{kg \cdot m}{s^2}$ Erd-(Fall-)beschleunigung in $\frac{m}{s^2}$ Masse in kg
<b>Beschleunigungskraft</b> 	$F = m \cdot a$  $a \approx 3 \frac{m}{s^2}$ 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
<b>Drehmoment</b> 	$M = F \cdot \frac{d}{2}$  $F \perp \frac{d}{2}$  $M = F \cdot l'$ $l' = l \cdot \cos \alpha$ oder $M = F_1 \cdot l$ $F_1 = F \cdot \cos \alpha$	$M$  $F$  $\frac{d}{2}$  $l'$ $l$ $F, F_1, F_2$ $\alpha$	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)	
<b>Zeitlicher Verlauf</b>				
<b>Merkmal</b>	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	
<b>Zug</b>	Streckgrenze <sup>1)</sup> $R_e, (R_{p0,2})$	Zug-Schwellfestigkeit $\sigma_{zSch}$	Zug-Druck-Wechselfestigkeit $\sigma_{zdW}$	
<b>Druck</b>	Quetschgrenze $\sigma_{dF}$	Druck-Schwellfestigkeit $\sigma_{dSch}$		
<b>Biegung</b>	Biege-Fließgrenze $\sigma_{bF}$	Biege-Schwellfestigkeit $\sigma_{bSch}$	Biege-Wechselfestigkeit $\sigma_{bW}$	
<b>Torsion</b>	Torsions-Fließgrenze $\tau_{tF}$	Torsions-Schwellfestigkeit $\tau_{tSch}$	Torsions-Wechselfestigkeit $\tau_{tW}$	
<b>Abscherung</b>	Abscherfestigkeit <sup>2)</sup> $\tau_{aB}$	-	-	

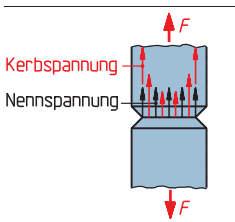
<sup>1)</sup> Bei Werkstoffen ohne ausgeprägte Streckgrenze  $R_e$ , wie z. B. bei vergütetem oder gehärtetem Stahl, Cu, Sn und Zn wird die Streckgrenze  $R_e$  durch die 0,2% Dehngrenze  $R_{p0,2}$ , d. h. Spannung bei 0,2% bleibender Verformung, ersetzt.

<sup>2)</sup> Festigkeitswerte für Abscherung siehe Kap. Fertigungstechnik, Trennen durch Zerteilen.

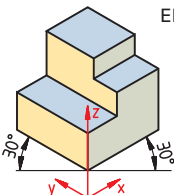
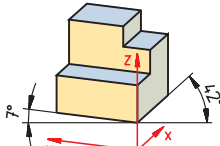
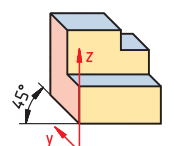
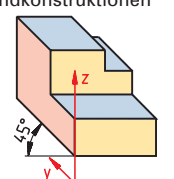
Dauerfestigkeit  $\sigma_D, \tau_D$

### Beanspruchungen

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




Kerbwirkungszahl	Für Werkstoffe S235 ... S355	
	Kerbform	$\beta_K$
$\beta_K \approx 1$	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

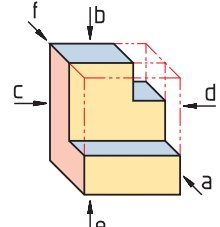
### DIN ISO 5456 : 1998-04, DIN ISO 128-30 : 2002-05

**Projektionsmethode 1 (zur Zeit übliche Methode)**

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

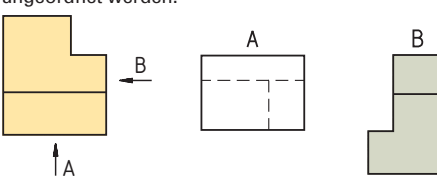
Linienbreite $d$	0,35	0,5	0,7
Höhe $h$	3,5	5	7
Höhe $H$	7	10	14

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




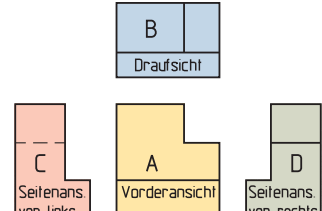
**Pfeilmethode (von der Norm bevorzugte Methode)**

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.


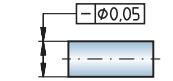
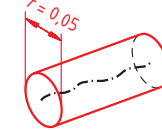
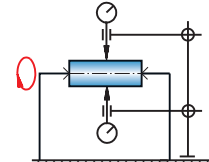
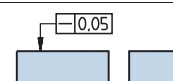
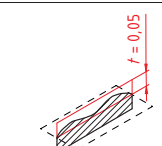
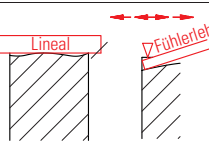


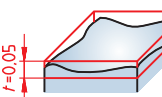
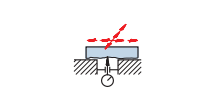

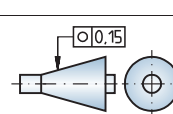
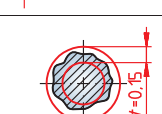
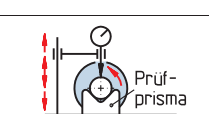

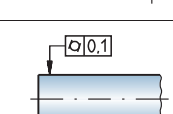
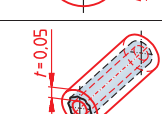
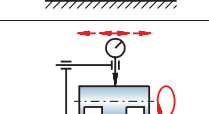

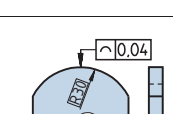
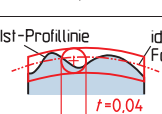


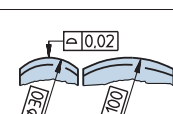
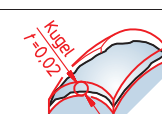
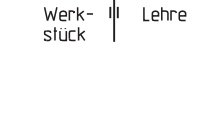
# Toleranzen und Passungen

## Geometrische Produktspezifikation (GPS)

DIN EN ISO 1101 : 2014-04


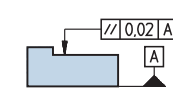
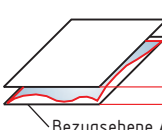
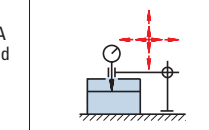
### Formtoleranzen

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

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

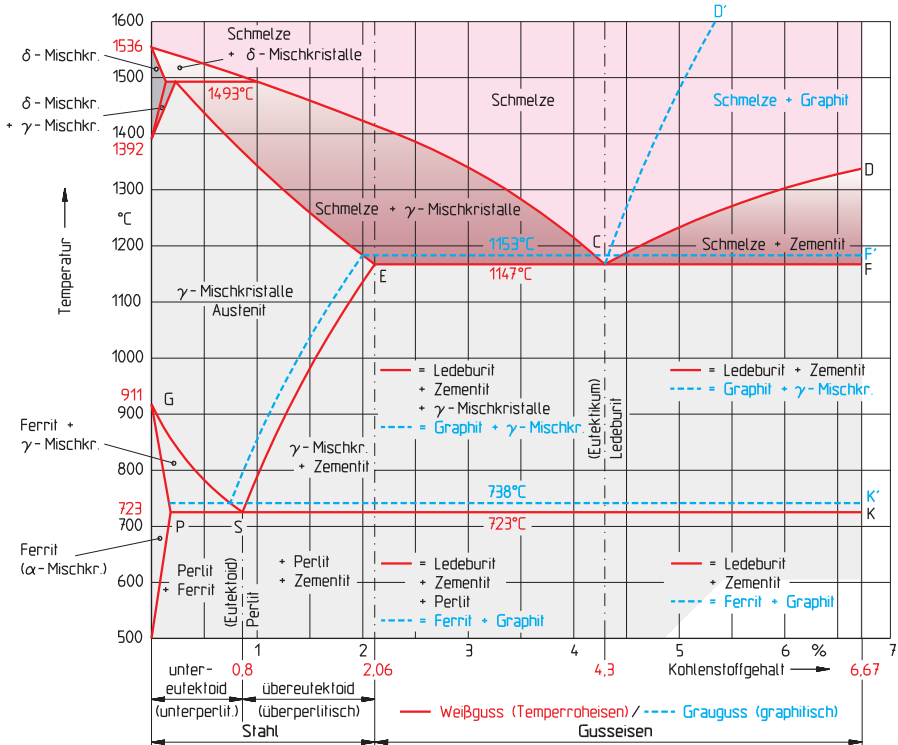
### Lagetoleranzen

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

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

# Stahl- und Gusseisengefüge

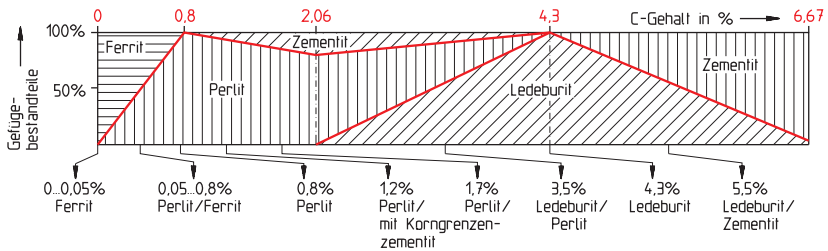
## Zustandsschaubild: Eisen-Kohlenstoff



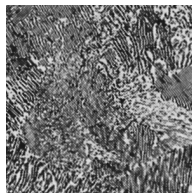
— **Metastabiles System: Fe – Fe<sub>3</sub>C**  
Durch Glühen veränderliches Gefüge

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

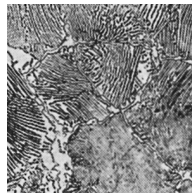
Gefügebestandteile bei Raumtemperatur nach langsamer Abkühlung (Metastabiles System)



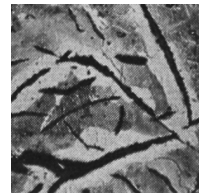
unterperlitischer Stahl



perlitischer Stahl

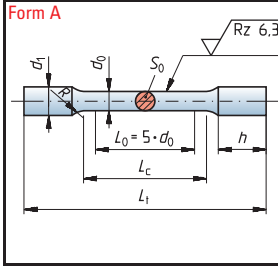


überperlitischer Stahl



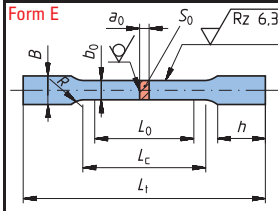
ferritisch-perlitisches Gusseisen

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
<b>Form A</b> $d_1$	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
<b>Form B</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)



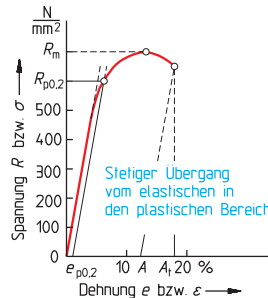
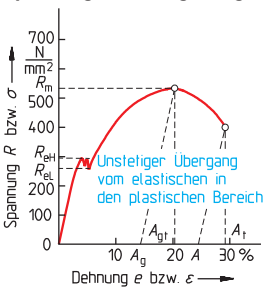
$a_0$	2	2	3	4	5	5	6	7	8	10	10	12	15	18
$b_0$	6	10	8	10	10	16	20	22	25	25	30	26	30	30
$L_0$	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100	100	120	130
$B$ min	10	15	12	15	15	22	27	29	33	33	40	34	40	40
$h$ min	22	30	26	30	30	40	50	55	60	60	70	65	70	70
$R$ min	12	12	12	12	12	15	15	20	20	20	25	25	25	25
$L_c$ min	26	32	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/mm<sup>2</sup>    Dehnung  $e$  bzw.  $\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \cdot 100\%$  in %    E-Modul  $E = \frac{\sigma}{\epsilon} \cdot 100\%$  in N/mm<sup>2</sup>

Anmerkung:  $\sigma$ - $\epsilon$ -Bezeichnungen in Diagrammen und Formeln entsprechen der zurückgezogenen Norm DIN EN 10002-1

#### Bezeichnungen:

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

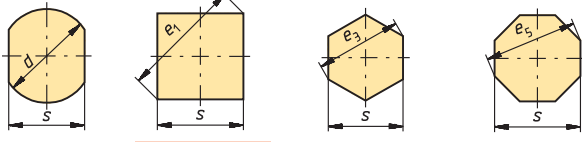
$e_p$	vorgegebene plastische Dehnung	in %
	z.B. $e_{p0,2}$ entspricht 0,2% bleibender Dehnung	
$Z$	Brucheinschnürung	in %
$F_m$	Höchstzugkraft	in N
$F_e$	Zugkraft bei $R_e = R_{eH}$	in N
$F_{p0,2}$	Zugkraft bei $R_{p0,2}$	in N
$L_0$	Anfangsmesslänge	in mm
$L_u$	Messlänge nach dem Bruch	in mm
$S_0$	Anfangsquerschnitt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

1) Darstellungsweise nicht genormt

# Schrauben

## Schlüsselweiten für Schrauben und Armaturen

DIN 475-1 : 1984-01



Theoretische Beziehungen:

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

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

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

$$e_2 = \frac{2}{3} \sqrt{3} \cdot s$$

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

$$s \approx 0,8660 \cdot e_2$$

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

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

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

Toleranzfelder

Reihe 1		Reihe 2	
s ≤ 4	h12	s ≤ 19	h14
4 < s ≤ 32	h13	19 < s ≤ 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 <sub>max</sub>	s <sub>min</sub>	2kant d	4kant e <sub>1</sub>	6kant e <sub>3min</sub>
3,2 <sup>1)</sup>	3,08	3,7	4,5	3,48
3,5	3,38	4	4,9	3,82
4 <sup>1)</sup>	3,88	4,5	5,7	4,38
4,5	4,32	5	6,4	4,88
5 <sup>1)</sup>	4,82	6	7,1	5,45
5,5 <sup>1)</sup>	5,32	7	7,8	6,01
6	5,82	7	8,5	6,58
7 <sup>1)</sup>	6,78	8	9,9	7,66
8 <sup>1)</sup>	7,78	9	11,3	8,79
9	8,78	10	12,7	9,92
10 <sup>1)</sup>	9,78	12	14,1	11,05
11 <sup>1)</sup>	10,73	13	15,6	12,12
12	11,73	14	17,0	13,25
13 <sup>1)</sup>	12,73	15	18,4	14,38
14	13,73	16	19,8	15,51
15	14,73	17	21,2	16,64
16 <sup>1)</sup>	15,73	18	22,6	17,77
17	16,73	19	24	18,90
18 <sup>1)</sup>	17,73	21	25,4	20,03
19	18,63	22	26,9	21,10

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

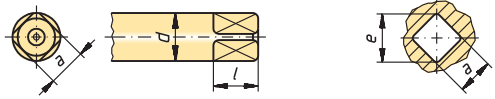
1) Auswahlreihe für Sechskantschrauben und -mutter nach DIN ISO 272  
Hinweis: Theoretische Umrechnungen Schlüsselweite-Eckenmaß s. Kap. Theoretische Grundlagen  
Vierkant- und Sechskantprofile s. Kap. Werkstofftechnik

## Vierkante von Zylinderschäften für rotierende Werkzeuge

DIN 10 : 2009-12

Außenvierkant

Innenvierkant



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

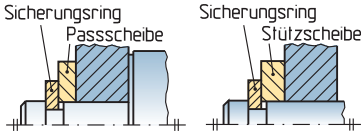
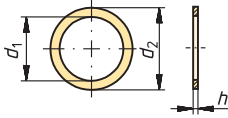
Maße in mm

Schaft-Ø d	Bereich für d über bis		Nennmaß a	Außenvierkant			Innenvierkant		
	a <sub>max</sub>	a <sub>min</sub>		l	a <sub>max</sub>	a <sub>min</sub>	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  
 Werkstoff: Stahl  
 Axialkräfteabstützung  
 Werkstoff: 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

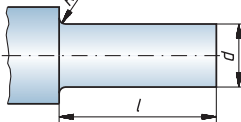
Dicke  $h$ : 0,1; 0,15; 0,2; 0,3; 0,5; 1; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9; 2,0

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

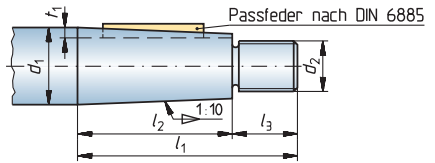


Maße in mm

$d$	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
- $\kappa_r$  in ° Einstellwinkel der Reibahle
- $L$  in mm Vorschubweg
- $l_a$  in mm Anlaufweg
- $l_s$  in mm Spitzenlänge
- $l_{\ddot{u}}$  in mm Überlaufweg

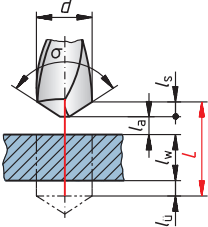
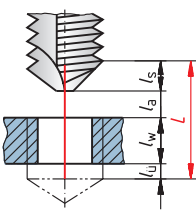
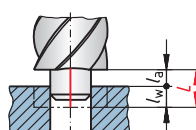
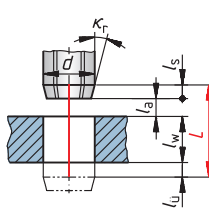
bei festen Umdrehungsfrequenzstufen

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

- $l_w$  in mm Bohrungstiefe
- $n$  in  $\frac{1}{\text{min}}$  Umdrehungsfrequenz des Bohrers
- $P$  in mm Steigung des Gewindebohrers
- $\sigma$  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:  $l_{\ddot{u}} = 0$  <sup>1)</sup> ohne weitere Angabe:  $l_a = l_{\ddot{u}} = 2 \text{ mm}$

Bohren					Gewindebohren
$\sigma^1$	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.

<sup>1)</sup> Spitzenwinkel siehe F 38

### Betriebsmittelhauptnutzungszeit beim Abtragen

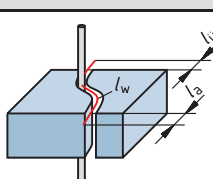
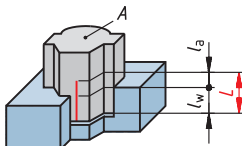
**Funkenerosives Schneiden**

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

**Funkenerosives Senken**

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

- $A$  in mm<sup>2</sup> 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 mm<sup>3</sup> 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
	
$L = l_w^1 + l_a + l_{\ddot{u}}$	$L = l_w + l_a$

<sup>1)</sup> 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

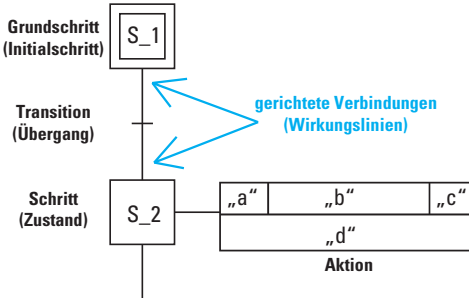
1 Grundform	gleichwinklig	gleichseitig					ungleichseitig		$\epsilon_r$																							
		T	S	P	H	O	R	L																								
		60°	90°	108°	120°	135°	—	90°																								
gleichwinklig	ungleichwinklig	V	D	E	C	W	M	K	B	A	$\epsilon_r$																					
		35°	55°	75°	80°	80°	86°	55°	82°	85°																						
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>2 Normal-Freiwinkel <math>\alpha_n</math></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>G</th> <th>N</th> <th>P</th> <th>O</th> <th rowspan="2"> </th> </tr> <tr> <td>3°</td> <td>5°</td> <td>7°</td> <td>15°</td> <td>20°</td> <td>25°</td> <td>30°</td> <td>0°</td> <td>11°</td> <td colspan="2">Sonderausführung</td> </tr> </thead> </table>										2 Normal-Freiwinkel $\alpha_n$	A	B	C	D	E	F	G	N	P	O		3°	5°	7°	15°	20°	25°	30°	0°	11°
2 Normal-Freiwinkel $\alpha_n$	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)	Dicke s		0,025				0,13		0,025			0,13	0,025	0,013																		
	Prüfmaß m		0,005		0,013		0,025		0,005	0,013	0,025	0,08...0,2		0,13...0,38																		
	Inkreis d		0,025	0,013	0,025	0,013	0,025		0,05...0,15			0,05...0,15		0,08...0,25																		
4 Spanformer und Befestigungsmerkmal	A																															
	B																															
	C																															
	F																															
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.

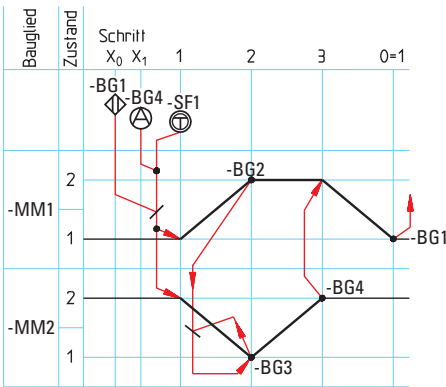
## Darstellung einer linearen Ablaufsteuerung nach DIN EN 61131-3

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

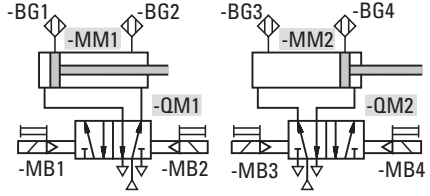


- Feld a Bestimmungszeichen
- Feld b Aktionsname
- Feld c Anzeigevariable (zukünftig nach Norm nicht mehr erwünscht)
- Feld d optionale Beschreibung der Aktion in AWL, ST, KOP, FBS

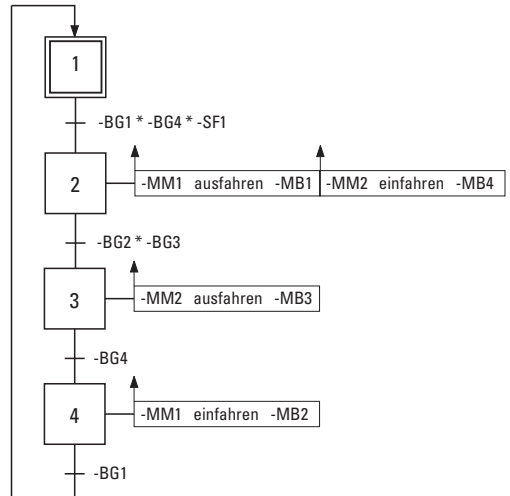
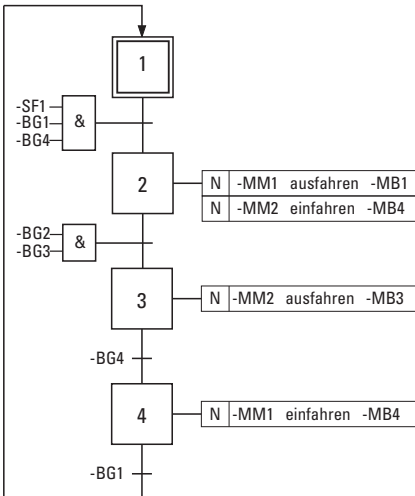
### Beispiel: Funktionsdiagramm



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

<sup>1)</sup> 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