

Konstruktionstechnik Formelsammlung V1.0

Christoph Hansen

chris@university-material.de

Dieser Text ist unter dieser [Creative Commons](#) Lizenz veröffentlicht.

Ich erhebe keinen Anspruch auf Vollständigkeit oder Richtigkeit. Falls ihr Fehler findet oder etwas fehlt, dann meldet euch bitte über den Emailkontakt.

Inhaltsverzeichnis

Widerstandsmomente	2
Beanspruchung	3
Mechanismen	12
Toleranzen	13
Gestaltung	14
Bauweisen	15

Widerstandsmomente

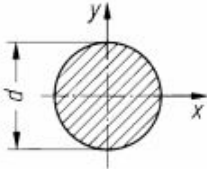
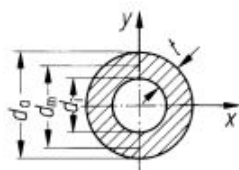
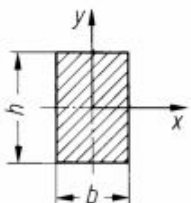
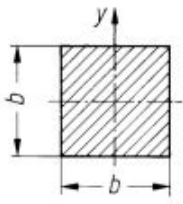
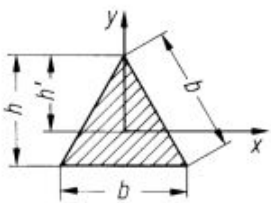
Geometrie	I	W
	$I_{ax} = \frac{\pi d^4}{64}$ $I_p = \frac{\pi d^4}{32}$	$W_{ax} = \frac{\pi d^3}{32}$ $W_p = \frac{\pi d^3}{16}$
	$I_{ax} = \frac{\pi(d_a^4 - d_i^4)}{64}$ $I_p = \frac{\pi(d_a^4 - d_i^4)}{32}$	$W_{ax} = \frac{\pi(d_a^4 - d_i^4)}{32 \cdot d_a}$ $W_p = \frac{\pi(d_a^4 - d_i^4)}{16 \cdot d_a}$
	$I_x = \frac{bh^3}{12}$ $I_y = \frac{b^3h}{12}$	$W_x = \frac{bh^2}{6}$ $W_y = \frac{b^2h}{6}$
	$I_{ax} = \frac{b^4}{12}$	$W_{ax} = \frac{b^3}{6}$
	$I_x = \frac{bh^3}{36}$ $I_y = \frac{b^3h}{48}$	$W_x = \frac{bh^2}{24}$ $W_y = \frac{b^2h}{24}$

Abbildung 1: Widerstandsmomente aus Römerturm

Beanspruchung

Spannung im Balken:

$$\sigma = \frac{F}{A} = Re_p$$

Trägheitsradius:

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad I = \text{Axials Flächenträgheitsmoment, } A = \text{Querschnittfläche}$$

Schlankheitsgrad:

$$\lambda = \frac{l_k}{i} \quad l_k = \text{Knicklänge}$$

Knicklänge:

$$l_k = k \cdot L_0$$

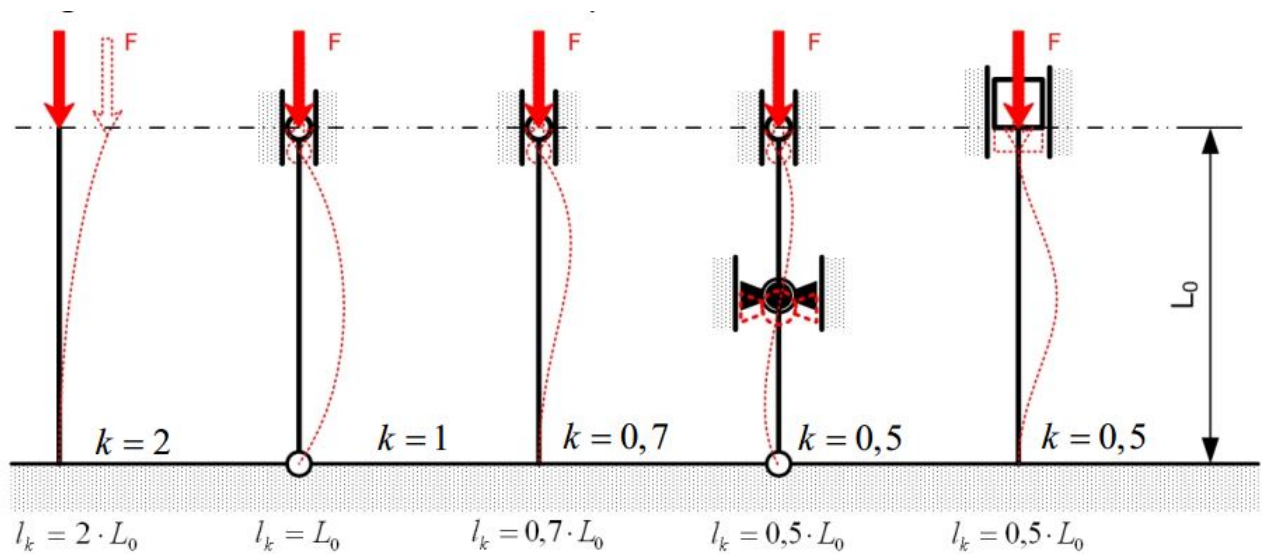


Abbildung 2: häufige Einspannfälle

$$F_{KE} = \frac{E \cdot I \cdot \pi^2}{l_k^2}$$

E = Elas. mod., I = min. axiales Flächenträgheitsmoment

Drucknennspannung bei Knickkraft:

$$\sigma_k = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2}$$

Grenزشلankheitsgrad:

$$\lambda_p = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{Re_p}}$$

Schubmittelpunkt

Es gibt folgende Standard Schubmittelpunkt Formeln:

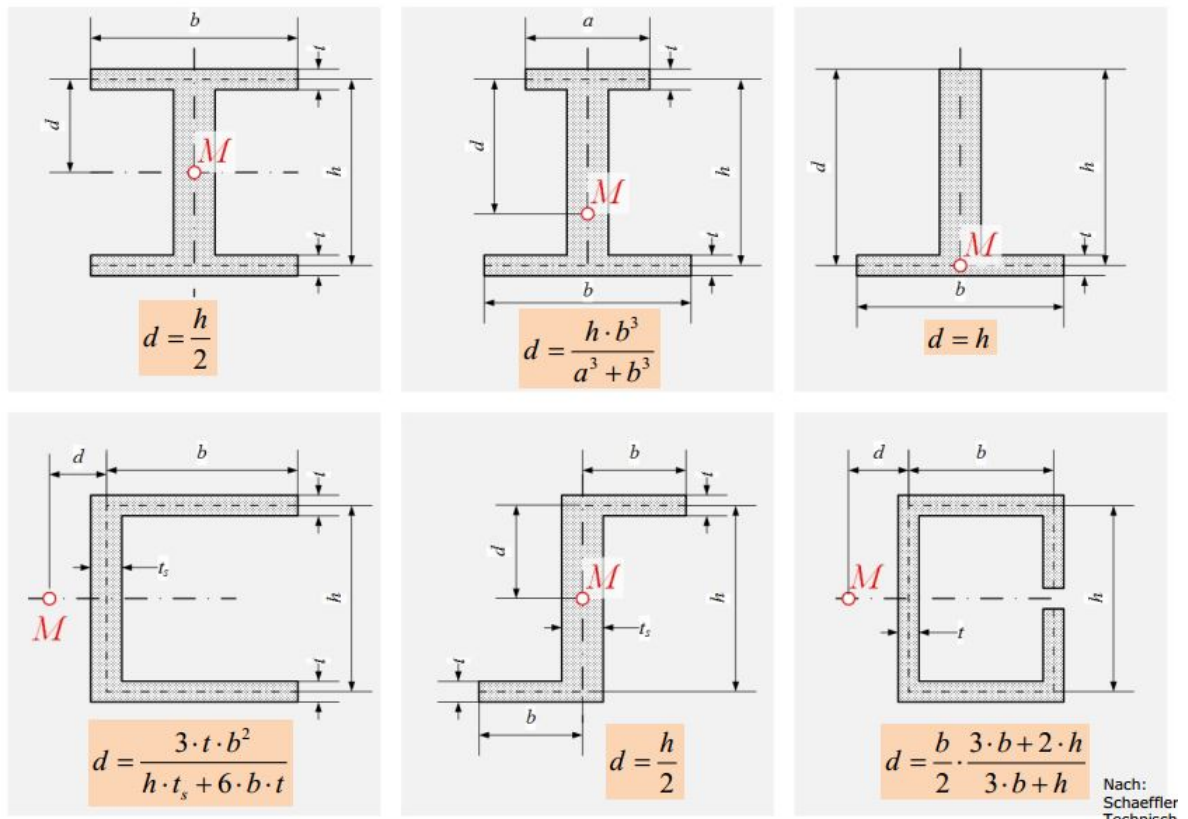


Abbildung 3: Schubmittelpunkt einfache häufige Formen 1

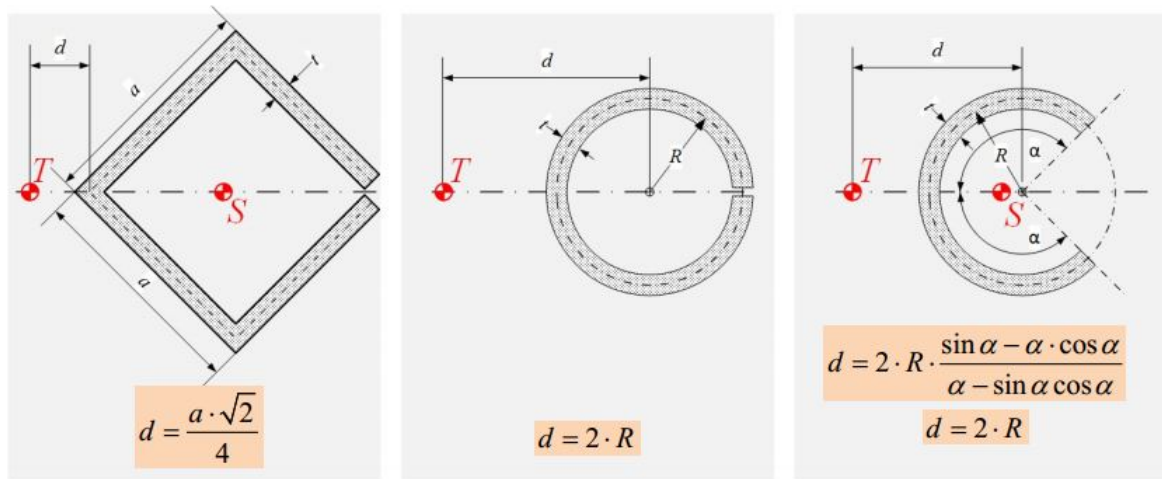


Abbildung 4: Schubmittelpunkt einfache häufige Formen 2

Bei jedem anderen Körper rechnet man wie folgt:

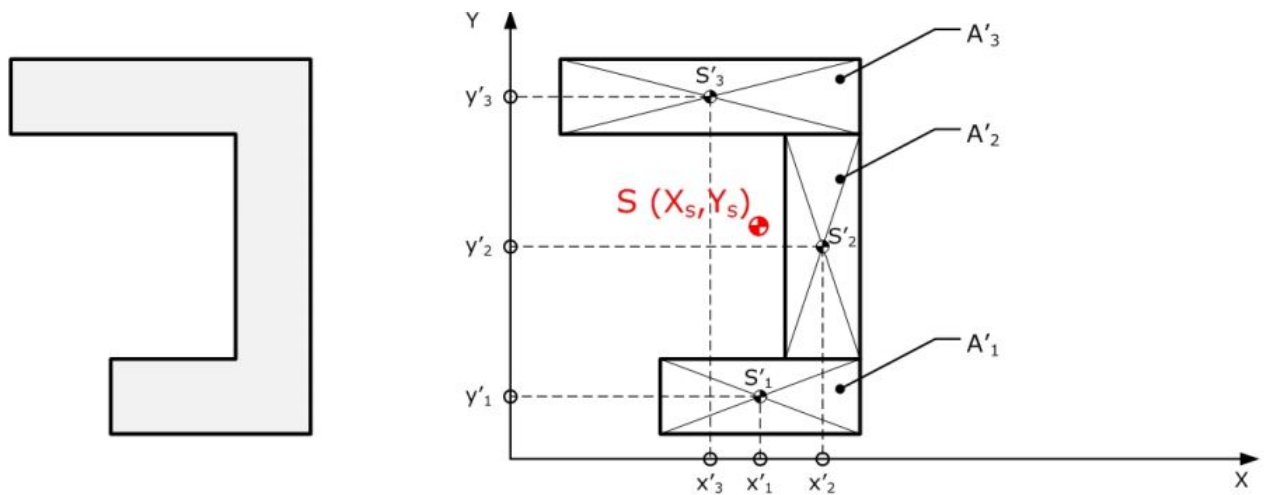


Abbildung 5: Allgemeine Rechnung Schubmittelpunkt

$$X_S = \frac{\sum_1^n x'_n \cdot A'_n}{\sum_1^n A'_n} \quad Y_S = \frac{\sum_1^n y'_n \cdot A'_n}{\sum_1^n A'_n}$$

Querkraft

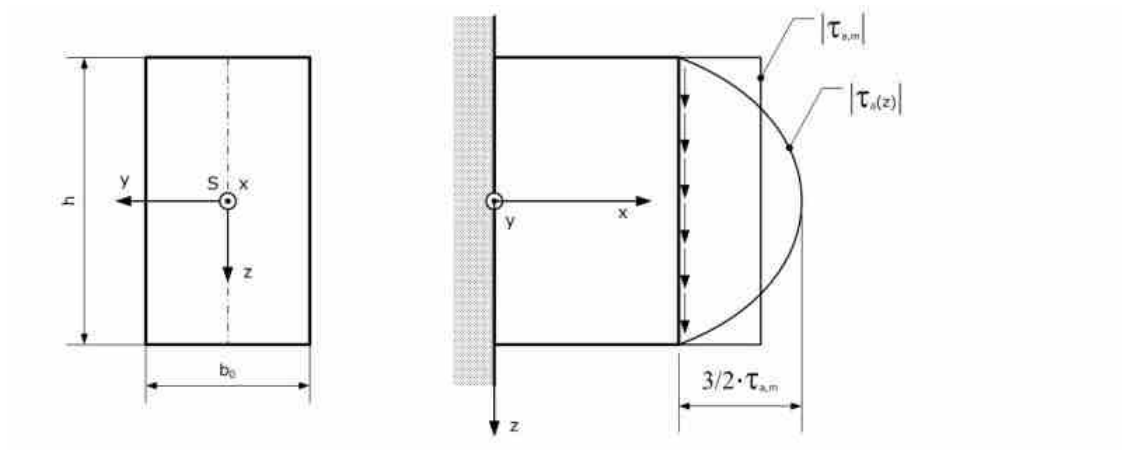


Abbildung 6: Querkraft

$$\tau_{a,m} = \frac{F}{b_0 \cdot h} \quad \tau_a(z) = \frac{3}{2} \cdot \left[1 - 4 \cdot \left(\frac{z}{h} \right)^2 \right] \cdot \frac{F}{b_0 \cdot h}$$

Torsion

$$I_t = \frac{4 \cdot A_m^2}{\int \frac{ds}{h(s)}}$$

Für Profile mit abschnittsweise konstantem $h(s)$ gilt:

$$I_t = \frac{4 \cdot A_m^2}{\sum_i \frac{l_i}{h_i}}$$

Dünnwandige, geschlossene, einzellige Hohlprofile

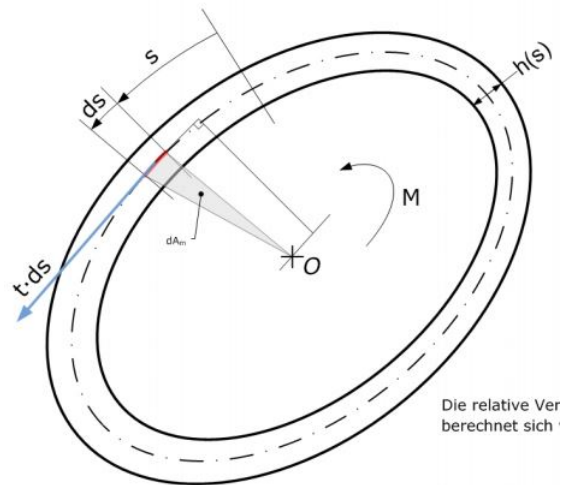


Abbildung 7: Torsion am Hohlprofil

Der Schubfluss ist über den Umfang konstant:

$$t = \frac{M}{2 \cdot A_m} = \text{const}$$

Torsionsspannung:

$$\tau_t(s) = \frac{t}{h(s)} = \frac{M}{2 \cdot A_m \cdot h(s)}$$

maximale Torsionsspannung:

$$\tau_t(s) = \frac{t}{h(s)} = \frac{M}{2 \cdot A_m \cdot h_{\min}} \quad \text{mit} \quad W_t = 2 \cdot A_m \cdot h_{\min}$$

Verdrillung:

$$\phi = \frac{M \cdot l}{G \cdot I_t}$$

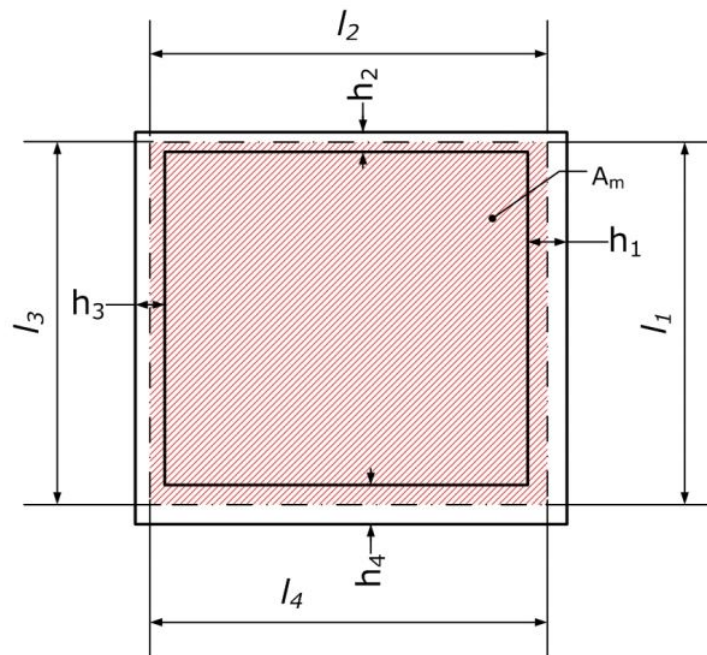
Dünnwandige, geschlossene Profile

Abbildung 8: Torsion am geschlossenen Profil

$$I_t = \frac{4 \cdot A_m^2}{\frac{l_1}{h_1} + \frac{l_2}{h_2} + \frac{l_3}{h_3} + \frac{l_4}{h_4}}$$

$$W_t = 2 \cdot h_{\min} \cdot A_m$$

Dünnwandige, offene Profile

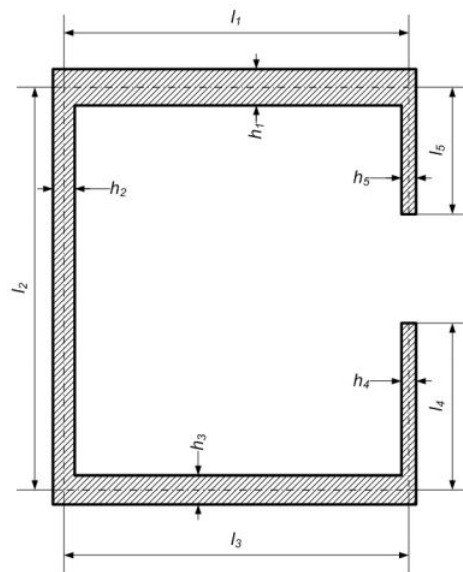


Abbildung 9: Torsion am offenen Profil

maximale Torsionsspannung:

$$\tau_{t,max} = \frac{M}{I_t} \cdot h_{max} \quad \text{mit} \quad W_t = \frac{I_t}{h_{max}}$$

Verdrillung:

$$\phi = \frac{M \cdot l}{G \cdot I_t}$$

$$I_t = \frac{1}{3} \cdot \sum_i l_i \cdot h_i^3$$

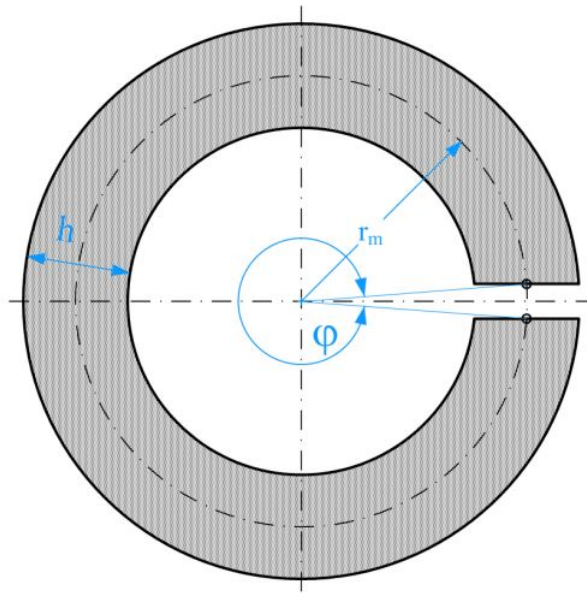
Geschlitzte Rohre

Abbildung 10: Torsion am geschlitzten Rohr

$$l = \phi \cdot r \quad I_t = \frac{1}{3} \cdot l \cdot h^3 \quad W_t = \frac{1}{3} \cdot l \cdot h^2$$

Offene, dünnwandige Profile. Korrekturfaktor.



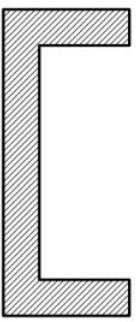
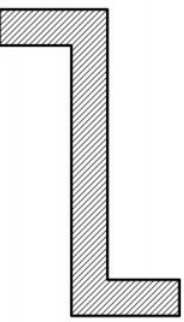
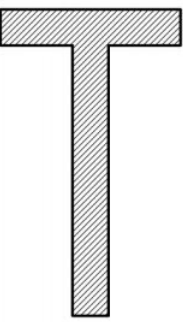
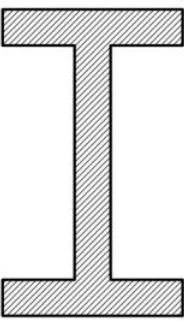
					
$\eta = 1,0$	$\eta = 0,99$	$\eta = 1,12$	$\eta = 1,12$	$\eta = 1,12$	$\eta = 1,30$

Abbildung 11: einfache Torsionsprofile

$$I_t = \frac{1}{3} \cdot \eta \cdot \sum_i l_i \cdot h_i^3$$

Mechanismen

In der Ebene gibt es $b = 3$ Freiheitsgrade, im Raum $b = 6$. Wegen dem Gestell hat man dann $b \cdot (n - 1)$ Freiheitsgrade. Jedes Gelenk eliminiert $u = b - f$ Freiheitsgrade.

Laufgrad:

$$F = b \cdot (n - 1) - g \cdot b + \sum_{i=1}^g f_i$$

n = Anzahl Glieder

g = Anzahl Gelenke

F_i = Freiheitsgrad von Gelenk i

$F \leq -1$ überbestimmt, nicht montierbar

$F = 0$ statisch bestimmt

$F = 1$ ein Getriebeglied bewegt auch alle anderen, ein Antrieb

$F \geq 1$ es werden F Antriebe gebraucht

Überbestimmtheit

$$\ddot{U} = \sum_{i=1}^k u'_i - u$$

\ddot{U} = Grad der Überbestimmtheit

u'_i = Unfreiheitsgrad des Untergelenks i

u = Vorgesehener Unfreiheitsgrad des Gesamtgelenks

k = Anzahl der Untergelenke (Wirkflächenpaare)

Toleranzen

Maße

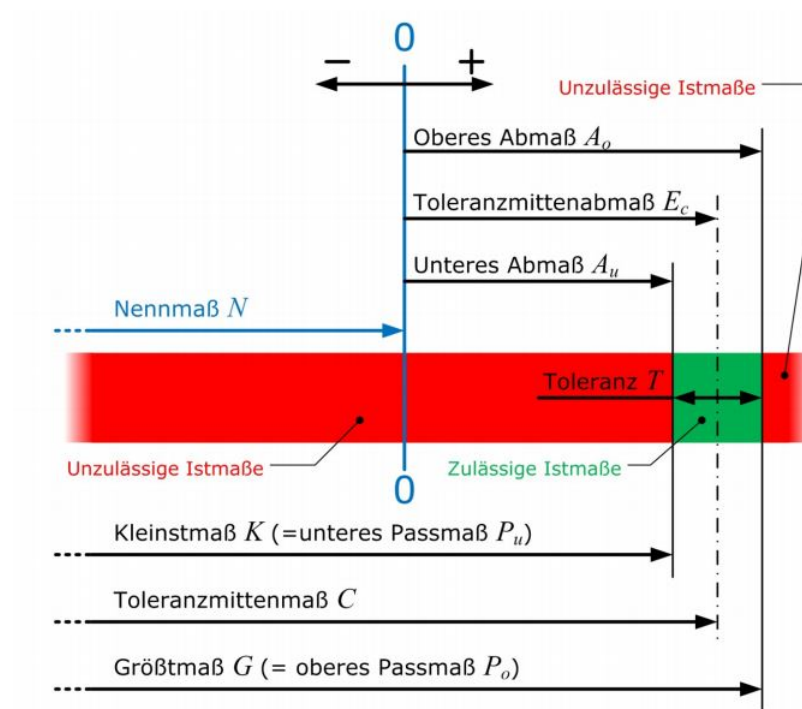


Abbildung 12: Toleranzen allgemein

$$M = N_{A_u}^{A_o} = N + E_c \pm \frac{T}{2} = N_{E_c - \frac{T}{2}}^{E_c + \frac{T}{2}}$$

$$G = N + A_o = N + E_c + \frac{T}{2}$$

$$K = N + A_u = N + E_c - \frac{T}{2}$$

Maßtabelle

$$k_0 \cdot M_0 + k_1 \cdot M_1 + k_2 \cdot M_2 + \dots + k_n \cdot M_n = 0$$

i	M_i	k_i	N_i	$k_i \cdot N_i$	E_{Ci}	$k_i \cdot E_{Ci}$	$ k_i T_i$
1	M_1	k_1	N_1	$k_1 \cdot N_1$	E_{C1}	$k_1 \cdot E_{C1}$	$ k_1 T_1$
2	M_2	k_2	N_2	$k_2 \cdot N_2$	E_{C2}	$k_2 \cdot E_{C2}$	$ k_2 T_2$
3	M_3	k_3	N_3	$k_3 \cdot N_3$	E_{C3}	$k_3 \cdot E_{C3}$	$ k_3 T_3$
n	M_n	k_n	N_n	$k_n \cdot N_n$	E_{Cn}	$k_n \cdot E_{Cn}$	$ k_n T_n$

$N_0 = \frac{-1}{k_0} \left(\sum_{i=1}^n k_i \cdot N_i \right)$

$E_{C0} = \frac{-1}{k_0} \sum_{i=1}^n k_i \cdot E_{Ci}$

$T_0 = \sum_{i=1}^n |k_i| T_i$

$M_0 = N_0 + E_{C0} \pm \frac{T_0}{2}$

Abbildung 13: Wie benutze ich die Maßtabelle

Gestaltung

Checkliste für Gestaltparameter

- 1) Form der Wirkflächen
- 2) Zahl der Wirkflächen
- 3) Zahl der Bauteile
- 4) Anordnung der Bauteile
- 5) Abmessungen
- 6) Dimension

Bauweisen

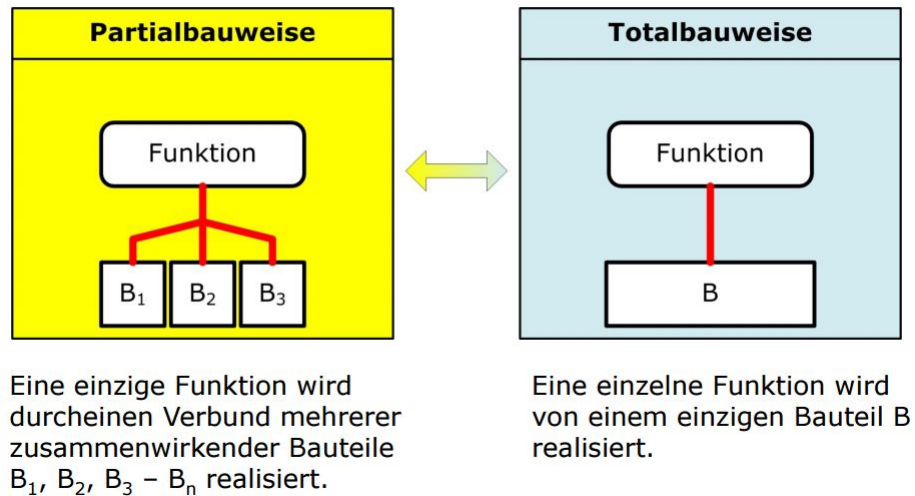


Abbildung 14: Partialbauweise vs Totalbauweise

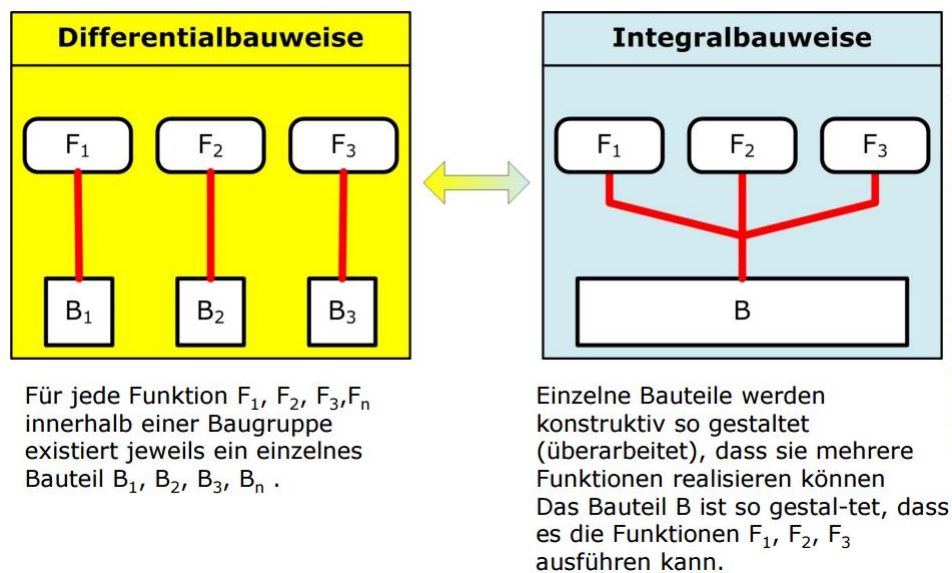


Abbildung 15: Differentialbauweise vs Integralbauweise

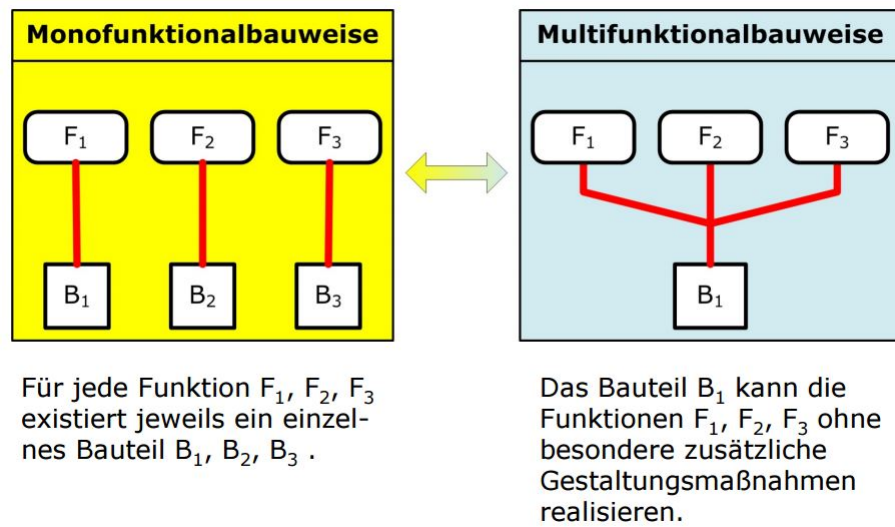


Abbildung 16: Monofunktionalbauweise vs Multifunktionalbauweise

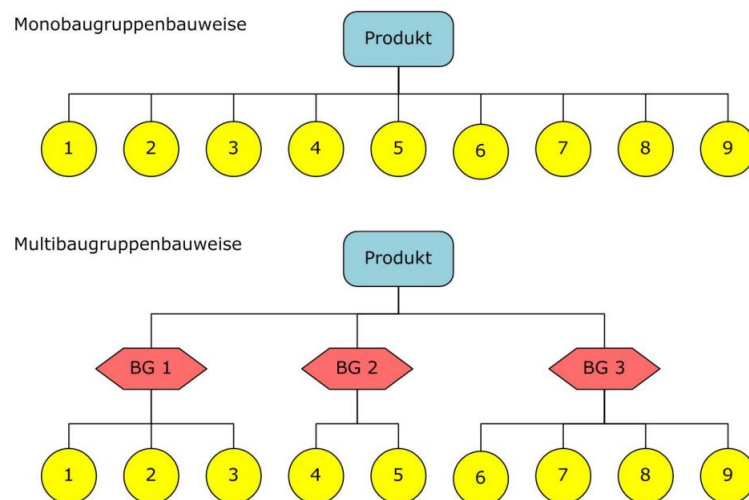


Abbildung 17: Monobaugruppenbauweise vs Multibaugruppenbauweise