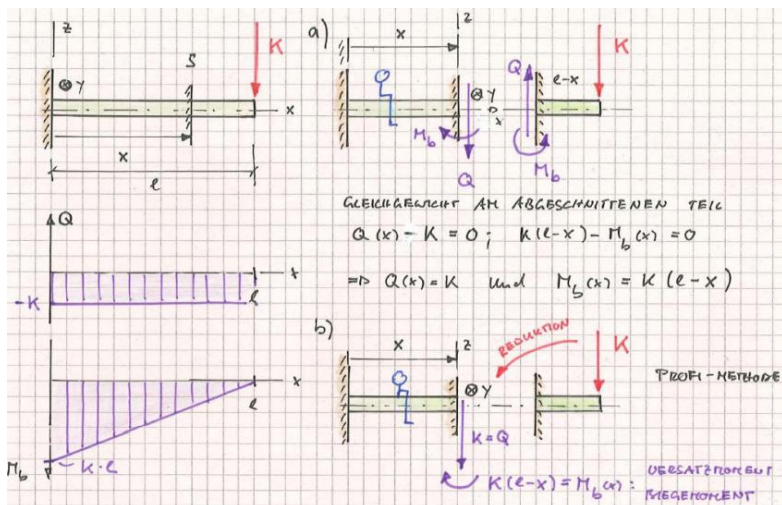


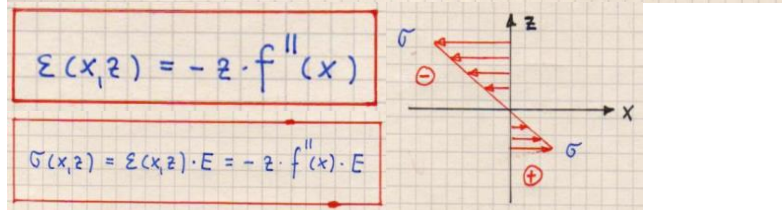
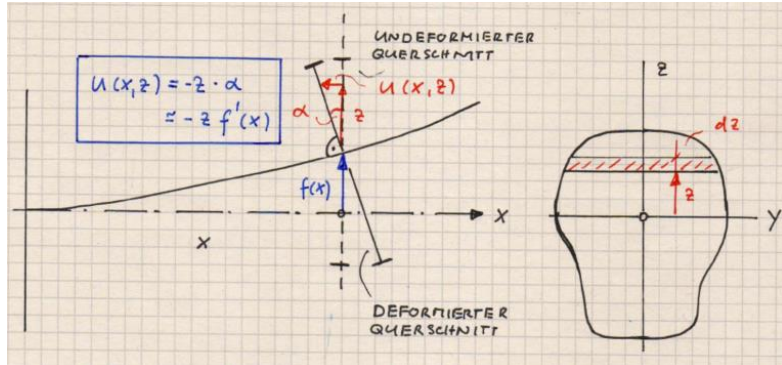
Profi-Methode

Satz
Die Beanspruchung im Schnitt S (oder x) ist gleich der Dynamie im Punkt O, welche aus der Reduktion der am abgeschnittenen Teil angreifenden äusseren Kräfte und Kräftepaare hervorgeht.

Bemerkung:
Gemäss den Beziehungen (1) und (2) erhält man die Beanspruchung im Schnitt S auch dadurch, indem man am Einzelteil einfach Gleichgewicht formuliert. Für die Anwendungen ist aber die Methode gemäss obigem Satz viel einfacher und direkter anwendbar. Wir wollen diese Methode fortan als **Profi-Methode** bezeichnen.



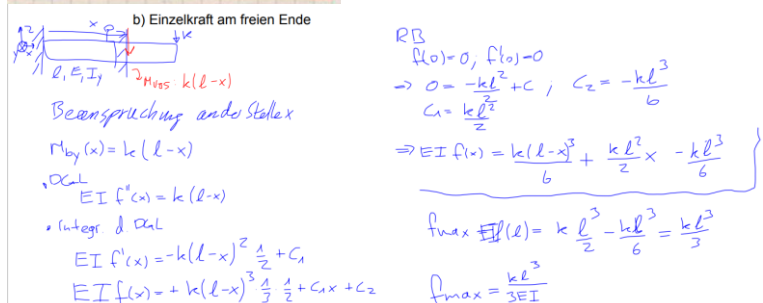
Balkenbiegung



$\tan \alpha = f'(x) \approx \alpha$
 für kleine α

$f''(x) = + \frac{\sigma}{EI_y} = - \frac{M_{by}}{EI_y}$
 DGL der BIEGELINE
 EI_y : BIEGESTEIFIGKEIT

$f'' = - \frac{M_{by}(x)}{EI_y}$
 $\sigma(x,z) = \frac{M_{by}(x)}{I_y} \cdot z$



Tab. 4.2 Randbedingungen

Lager	w	w'	M	Q
Gelenkiges Lager	0	$\neq 0$	0	$\neq 0$
Parallelführung	$\neq 0$	0	$\neq 0$	0
Einspannung	0	0	$\neq 0$	$\neq 0$
Freies Ende	$\neq 0$	$\neq 0$	0	0

Tab. 4.3 Biegelinien

Nr.	Lastfall	$EI w'_A$	$EI w'_B$	$EI w(x)$	$EI w_{max}$
1		$\frac{F l^2}{6}(\beta - \beta^3)$	$-\frac{F l^2}{6}(\alpha - \alpha^3)$	$\frac{F l^3}{6}[\beta \xi(1 - \beta^2 - \xi^2) + (\xi - \alpha)^3]$	$\frac{F l^3}{48}$ für $a = b = l/2$
2		$\frac{q_0 l^3}{24}$	$-\frac{q_0 l^3}{24}$	$\frac{q_0 l^4}{24}(\xi - 2\xi^3 + \xi^4)$	$\frac{5 q_0 l^4}{384}$
3		$\frac{q_0 l^3}{24}(1 - \beta^2)^2$	$\frac{q_0 l^3}{24}[4(1 - \beta^3) - 6(1 - \beta^2) + (1 - \beta^2)^2]$	$\frac{q_0 l^4}{24}[\xi^4 - (\xi - \alpha)^4 - 2(1 - \beta^2)\xi^3 + (1 - \beta^2)^2 \xi]$	
4		$\frac{7 q_0 l^3}{360}$	$-\frac{q_0 l^3}{45}$	$\frac{q_0 l^4}{360}(7\xi - 10\xi^3 + 3\xi^5)$	
5		$\frac{M_0 l}{6}(3\beta^2 - 1) - \frac{M_0 l}{6}$ für $b = 0$	$\frac{M_0 l}{6}(3\alpha^2 - 1) - \frac{M_0 l}{3}$ für $b = 0$	$\frac{M_0 l^2}{6}[\xi(3\beta^2 - 1) + \xi^3 - 3(\xi - \alpha)^2]$	$\frac{\sqrt{3} M_0 l^2}{27}$ für $a = 0$

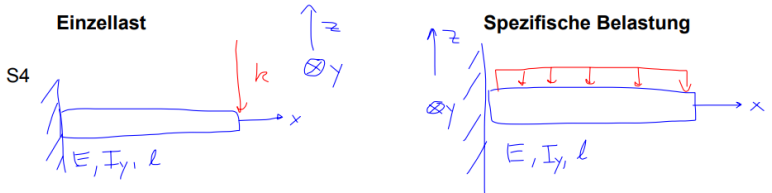
Tab. 4.3 (Fortsetzung)

Nr.	Lastfall	$EI w'_A$	$EI w'_B$	$EI w(x)$	$EI w_{max}$
6		0	$\frac{F a^2}{2}$	$\frac{F l^3}{6}[3\xi^2 \alpha - \xi^3 + (\xi - \alpha)^3]$	$\frac{F l^3}{3}$ für $a = l$
7		0	$\frac{q_0 l^3}{6}$	$\frac{q_0 l^4}{24}(6\xi^2 - 4\xi^3 + \xi^4)$	$\frac{q_0 l^4}{8}$
8		0	$\frac{q_0 l^3}{6}\beta(\beta^2 - 3\beta + 3)$	$\frac{q_0 l^4}{24}[\xi(\xi - \alpha)^4 - 4\beta \xi^3 + 6\beta(2 - \beta)\xi^2]$	
9		0	$\frac{q_0 l^3}{24}$	$\frac{q_0 l^4}{120}(10\xi^2 - 10\xi^3 + 5\xi^4 - \xi^5)$	$\frac{q_0 l^4}{30}$
10		0	$M_0 a$	$\frac{M_0 l^2}{2}(\xi^2 - (\xi - \alpha)^2)$	$\frac{M_0 l^2}{2}$ für $a = l$

Erklärungen: $\xi = \frac{x}{l}$; $\alpha = \frac{a}{l}$; $\beta = \frac{b}{l}$; $EI = \text{const}$; $w' = \frac{dw}{dx}$; $(\xi - \alpha)^n = \begin{cases} (\xi - \alpha)^n & \text{für } \xi > \alpha \\ 0 & \text{für } \xi < \alpha \end{cases}$

Es gilt GGU
 $\frac{dQ}{dx} = q(x)$; $\frac{dM_{by}}{dx} = Q(x)$

$f^{(4)} = - \frac{Q}{EI} = - \frac{q(x)}{EI}$
 $f^{(3)} = - \frac{M_{by}}{EI} = - \frac{Q}{EI}$
 $f^{(4)} = - \frac{q(x)}{EI}$



(6) $f''(x) = - \frac{M_{by}}{EI}$
 $f^{(4)} = - \frac{q(x)}{EI}$
 RB: $f(0) = 0$; $f'(0) = 0$
 $f(0) = 0$; $f'(l) = 0$
 $f''(0) = 0$; $f'''(l) = 0$

$EI * f(x) =$ Auslenkung
 $EI * f'(x) =$ Steigung
 $EI * f''(x) =$ Krümmung proportional zu Biegemoment
 $EI * f'''(x) =$ Querkraft
 $EI * f^{(4)}(x) =$ Abgeleitete Querkraft \rightarrow Spezifische Last

DGL - Methode

$f^{IV} = -\frac{q(x)}{EI} = -\frac{q_0}{EI}(l-x)$
 4-fache Integration
 $EI f'''(x) = -\frac{q_0}{2} [-(l-x)^2 \cdot \frac{1}{2} + C_1]$
 $EI f''(x) = -\frac{q_0}{2} [+(l-x)^3 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} + C_1 x + C_2]$
 $EI f'(x) = -\frac{q_0}{2} [-(l-x)^4 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{4} + C_1 \frac{x^2}{2} + C_2 x + C_3]$
 $EI f(x) = -\frac{q_0}{2} [+(l-x)^5 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{5} + C_1 \frac{x^3}{6} + C_2 \frac{x^2}{2} + C_3 x + C_4]$

Rds:

$f(0) = 0$ und $f'(0) = 0$ / $f''(l) = 0$ und $f'''(l) = 0$

kinematische Randbed. / dynamische Randbed.

$0 = \frac{l^5}{120} + C_4 \rightarrow C_4 = -\frac{l^5}{120}$
 $0 = -\frac{l^4}{24} + C_3 \rightarrow C_3 = \frac{l^4}{24}$
 $0 = C_1$ und $0 = C_2$

Biegelinie

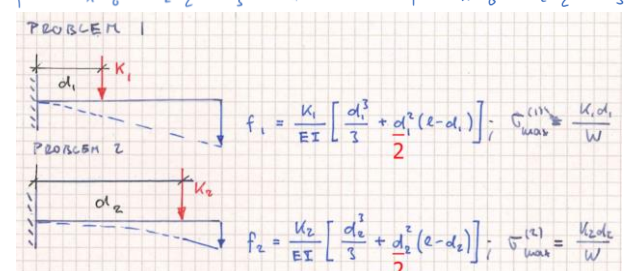
$f(x) = -\frac{q_0}{EI} \left[\frac{1}{120} (l-x)^5 + \frac{l^4}{24} x - \frac{l^5}{120} \right]$
 $f_{max} = f(l) = -\frac{q_0}{EI} \cdot \left[+\frac{5l^5}{120} - \frac{l^5}{120} \right] = -\frac{q_0}{30EI}$
 $f_{max} = f(l) = -\frac{q_0}{EI} \cdot \left[+\frac{5l}{120} - \frac{l}{120} \right] = -\frac{q_0}{30EI}$

LAST FALL	$\sigma_{max} = \frac{M_{bmax}}{W}$	f_{max}
	$\frac{Kl}{W}$	$\frac{l^3}{3} \cdot \frac{K}{EI}$
	$\frac{M}{W}$	$\frac{l^2}{2} \cdot \frac{M}{EI}$
	$\frac{q_0 l^2}{2W}$	$\frac{l^4}{8} \cdot \frac{q_0}{EI}$
	$\frac{K \cdot d}{W}$	$\left[\frac{d^3}{3} + \frac{d^2}{2}(l-d) \right] \frac{K}{EI}$
	$\frac{M}{W}$	$\left[\frac{d^2}{2} + d(l-d) \right] \frac{M}{EI}$
	$\frac{K_1 d_1 + K_2 d_2}{W}$	s. Seite 21/22
	$\frac{q_0 \cdot l^2}{6W}$	$\frac{l^4}{30} \cdot \frac{q_0}{EI}$
	$\frac{Kl}{2W}$	$\frac{l^3}{48} \cdot \frac{K}{EI}$
	s. Seite 23	s. Seite 23

1. Kräfte einfügen, 2. Grundgleichungen bestimmen
3. Integration, 4. Const. bestimmen

Man braucht: $q(x) = 0$, sonst gilt $EI \cdot f^{IV} = -q(x) = 0$

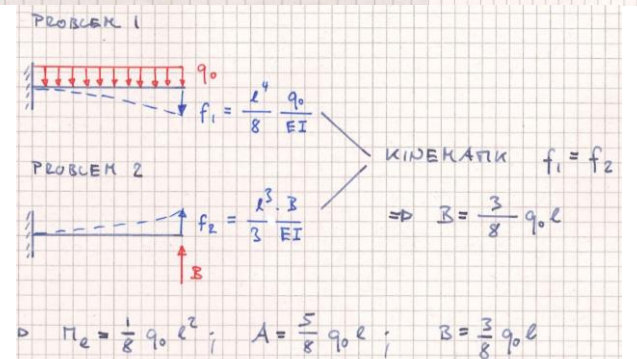
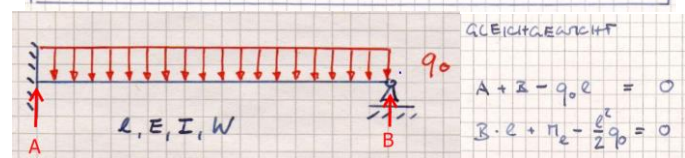
$EI \cdot f^{IV} = 0$
 $EI \cdot f''' = C_1$
 $EI \cdot f'' = C_1 \cdot x + C_2$
 $EI \cdot f' = C_1 \cdot \frac{x^2}{2} + C_2 \cdot x + C_3$
 $EI \cdot f = C_1 \cdot \frac{x^3}{6} + C_2 \cdot \frac{x^2}{2} + C_3 \cdot x + C_4$



Superposition

SUPERPOSITION
 $f_{max} = f_1 + f_2$; $\sigma_{max} = \sigma_{max}^{(1)} + \sigma_{max}^{(2)}$

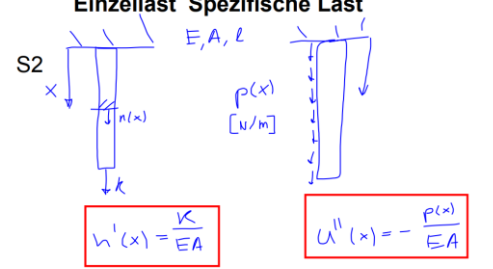
$f_{max} = \frac{1}{EI} \left[K_1 \left(\frac{d_1^3}{3} + \frac{d_1^2}{2}(l-d_1) \right) + K_2 \left(\frac{d_2^3}{3} + \frac{d_2^2}{2}(l-d_2) \right) \right]$
 $\sigma_{max} = \frac{1}{W} (K_1 \cdot d_1 + K_2 \cdot d_2)$



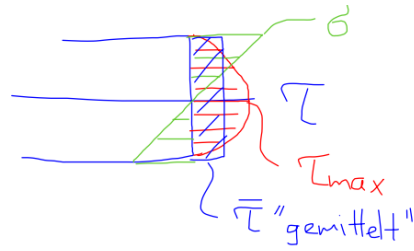
BIEGELINIE
 $f'' = -\frac{M_b(x)}{EI}$; $M_b(x) = B(l-x) - \frac{q_0}{2}(l-x)^2 = \frac{3}{8} q_0 l(l-x) - \frac{q_0}{2}(l-x)^2$
 mit $f(0) = f'(0) = 0$ integriert
 $f(x) = \frac{q_0}{48} [3l(l-x)^3 - 2(l-x)^4 - l^3 x + l^4]$

MAXIMA
 $\sigma_{max} = \frac{M_{bmax}}{W}$; $f_{max}(x) = ?$

Einzellast Spezifische Last



Bezeichnung	Symbol	Freiheitsgrade	Lagerreaktionen	f	r
verschiebliches Gelenklager, Loslager, Rollenlager			A_V	2	1
festes Gelenklager, Festlager			A_H, A_V	1	2
(feste) Einspannung			A_H, M_A, A_V	0	3
längs verschiebliche Einspannung (Schiebehülse)			M_A, A_V	1	2
quer verschiebliche Einspannung (Parallelführung)			A_H, M_A	1	2
freies Ende				3	0
Ebene Tragwerke				$f+r=3$	



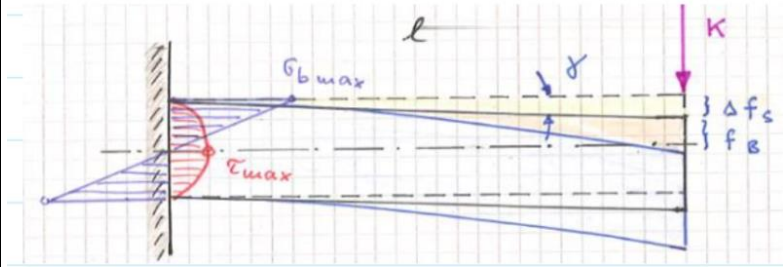
$$W = \frac{I_y}{z_{max}}$$

Bsp. Sandwich-Balken $\tau = \frac{k \cdot S(z)}{I_y \cdot b(z)}$

$I_y = \frac{h^3}{12} + 2 \left[a \frac{t^3}{12} + a t \left(\frac{a}{2} + \frac{t}{2} \right)^2 \right]$
 $S(\frac{a}{2}) = \bar{A} \left(\frac{a}{2} + \frac{t}{2} \right) = a t \left(\frac{a}{2} + \frac{t}{2} \right)$
 $\tau_{int} = \tau(\frac{a}{2}) = \frac{k \cdot S(\frac{a}{2})}{I_y \cdot t}$

Bsp. Superpos

$f_1 = \frac{k}{AE} l$; $f_2 = d \alpha = d f'$; $f_3 = \frac{k \cdot d^3}{3EI}$
 $f' = \frac{\lambda \cdot l \cdot k}{2EI}$
 $f = \frac{\lambda^2 \cdot l \cdot k}{2EI}$
 $f = \frac{k \cdot l}{AE} + \frac{k \cdot d^2 \cdot l}{EI} + \frac{k \cdot d^3}{3EI} = k \left[\frac{l}{AE} + \frac{d^2 l}{EI} + \frac{d^3}{3EI} \right]$



Vorgehen

3. Gleichgewichtsbedingungen

1. Skizze $G \cdot g: \uparrow A + S - k = 0$
 $\rightarrow B = 0$
 $M_e: M_c - (k - S) \cdot d = 0$

2. Superposition Aufteilung $f_1 = f_2$

4. Deformation $f_1 = (k - S) \left(\frac{l}{AE} + \frac{d^2 l}{EI} + \frac{d^3}{3EI} \right)$; $f_2 = \frac{S \cdot l}{AE}$

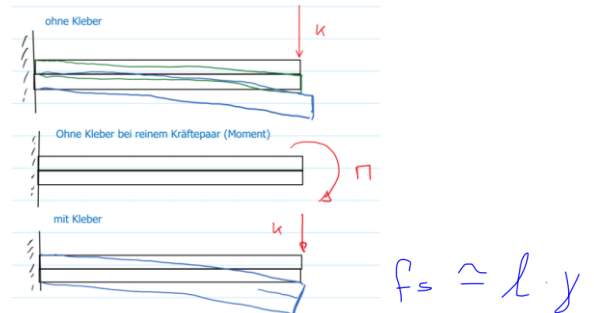
5. Kinematische Bedingungen $f_1 = f_2$

6. Überprüfung S_1 Flausch

$S = (k - S) \left(1 + \frac{Ad^2}{I} + \frac{Ad^3}{3Il} \right)$
 $\rightarrow S(1 + \alpha) = k \cdot \alpha$
 $S = \frac{\alpha}{1 + \alpha} k = \frac{1 + \frac{Ad^2}{I} + \frac{Ad^3}{3Il}}{2 + \frac{Ad^2}{I} + \frac{Ad^3}{3Il}} \cdot k$

$$\frac{\tau_{max}}{\sigma_{b max}} \approx \frac{h}{l} \quad \text{und} \quad \frac{f_s}{f_b} \approx \left(\frac{h}{l} \right)^2$$

Für Balken aus homogenem Material können die Schubspannungen infolge Querkraft vernachlässigt werden. Hingegen für laminierte Balken sind die Schubspannungen infolge Querkraft von grosser Bedeutung.



$\tau = G \cdot y = \frac{E}{3} y \rightarrow f_s = \frac{3 \tau}{E} l = l \frac{3}{E} \frac{k}{bh}$

$f_b = \frac{k l^3}{3EI} = \frac{k l^3 \cdot 12}{3 E b h^3} = 4 \cdot \frac{l^3}{E b h^3} k$

BISQUIT - Formel

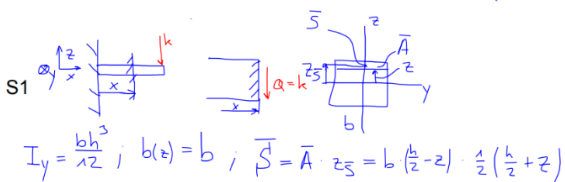
"Bisquit"-Formel

$$\tau(x, z) = \frac{Q(x) \cdot \bar{S}}{I_y \cdot b(z)}$$

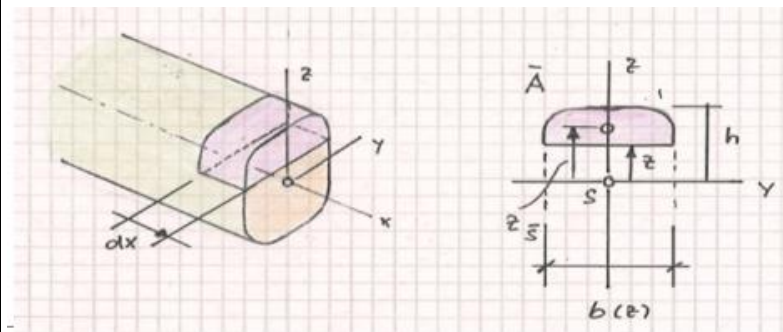
Schubspannungsverteilung;
 Q = (äussere) Querkraft;
 S = Schwerpunkt Integral, Statisches Moment
 I_y = Flächenträgheitsmoment total;
 b = Breite im Querschnitt abh. Von Höhe z

$\int z dA - \bar{A} z_s = \bar{S} = \bar{A} \cdot z_s$

\bar{A} = Flächengrossen; z_s = Schwerpunkthöhe



$\tau(z) = k \cdot \frac{12}{b h^3} \cdot \frac{1}{b} \cdot \left[b \left(\frac{h}{2} - z \right) \left(\frac{h}{2} + z \right) \cdot \frac{1}{2} \right] = \frac{3}{2} \frac{k}{b h} \left(1 - 4 \frac{z^2}{h^2} \right)$



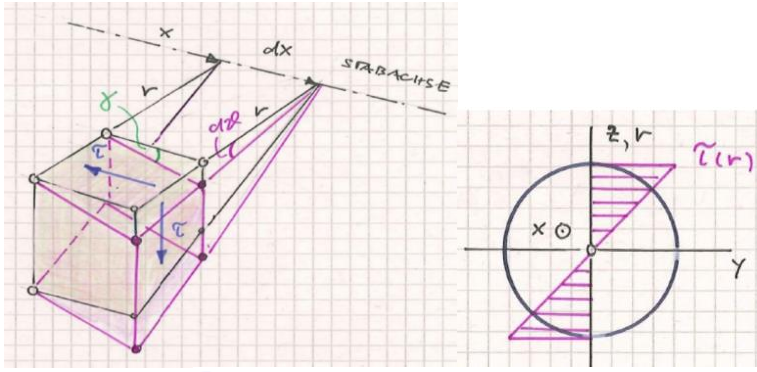
$\frac{h}{l} \ll 1$ Schlankheitsgrad

$$\frac{f_{Schub}}{f_{Bieg}} \approx \left(\frac{h}{l} \right)^2$$

$\frac{h}{l} \Rightarrow$ Schlankheitsgrad
 f_b = Verschiebung durch Biegesp.
 f_s = Verschiebung durch Schubsp.

Torsion

(1) $y \cdot dx = r \cdot d\varphi \rightarrow y = r \cdot \frac{d\varphi}{dx}$
Hin. Relation
 $\varphi(x)$: Verdrehung
 γ : Schiebung (Verzerrung)

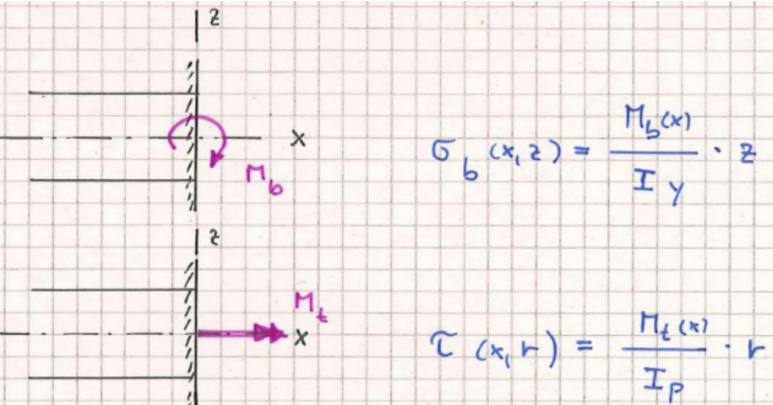


$\tau = \gamma \cdot G \rightarrow \tau = G \cdot \varphi'(x) \cdot r$
Polares Flächenträgheitsmoment

$$I_p = \int_A (y^2 + z^2) dA = \int_A y^2 dA + \int_A z^2 dA = I_z + I_y$$

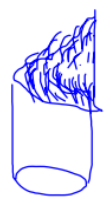
Torsionsmoment

$$M_t = \frac{\tau}{r} \cdot I_p \Rightarrow \tau(r) = \frac{M_t}{I_p} \cdot r$$



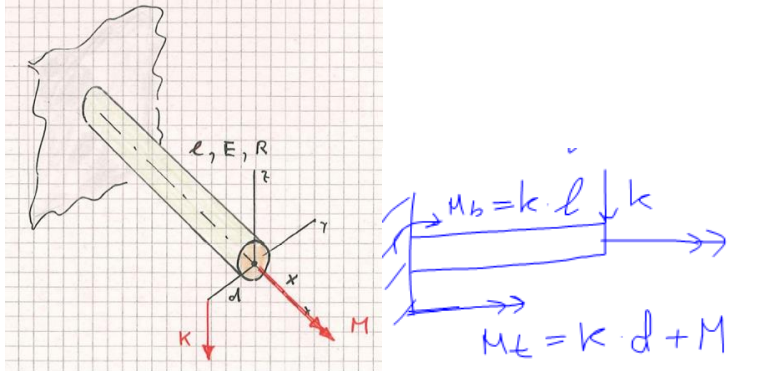
Superposition möglich: Zug, Druck, Biegung, Torsion

Versagensart



wie Wendeltreppe
Wendelfläche

Zähes Material in Abbildung, sprödes Material bricht Gerade

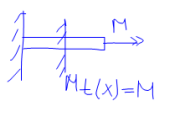


$$\varphi'(x) = \frac{M_t(x)}{G I_p}$$

$\varphi'(x)$ = Verdrehung
 $G \cdot I_p$: Torsionssteifigkeit

$$\varphi(x=0)' = 0, \varphi(l) = \frac{M}{G I_p} \cdot l$$

 $L_c = 0$



φ = Verdrehung (Winkel) φ des Endquerschnittes [rad]

Bsp. Torsionswelle

Bsp.

$$\varphi(l) = \frac{M}{G I_p} \cdot l$$

$$M = \frac{G I_p}{l} \cdot \varphi = k \cdot \varphi$$

Expl. für Kreisquerschnitt

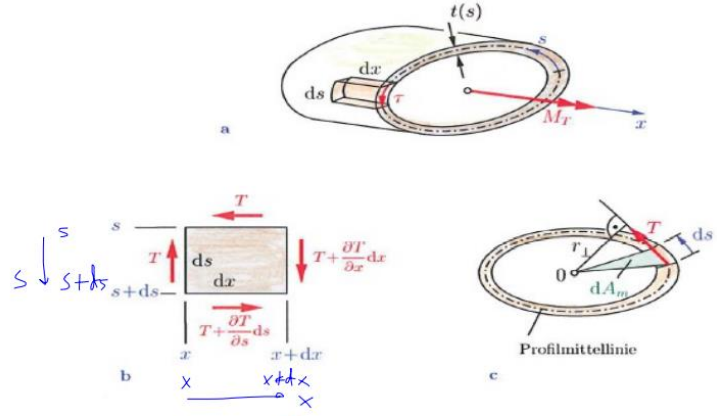
$$k = \frac{G \cdot \pi \cdot R^4}{2 l}$$

Ip für Kreisquerschnitt

$$I_p = \frac{\pi}{2} \cdot R^4$$

Dünnwandige Querschnitte

Schubfluss $T(x, s)$ $t(s) \ll D$



Dünnwandige Profile aus Technische Mechanik, Gross et al.

$$T(x, s) = \tau(s, x) \cdot t(s) = \text{const.} \quad [N/m]$$

$$\tau(s, x) = \frac{M_T(x)}{2 A_m \cdot t(x)}$$

A_m = Mittelfläche

$$M_T = 2 T A_m = 2 \tau(x, s) \cdot t(s) \cdot A_m$$

Dünnwandiger Querschnitt

$$\tau_{max} = \frac{M_T}{W_T} ; \quad W_T = 2A_m \cdot t_{min}$$

Bsp.

$l = 1000 \text{ mm}$
 $M_T = M = 100 \text{ Nm}$
 $A_m = 35 \cdot 45 = 1575 \text{ mm}^2$
 $\tau_{max} = \frac{M_T}{2 A_m \cdot t} = \frac{100 \text{ E} 3 \text{ Nm/m}}{2 \cdot 1575 \text{ mm}^2 \cdot 5 \text{ mm}} \rightarrow 6,349 \text{ MPa}$

Verdrehung Dünnwandiger Querschnitt

$$\varphi' = \frac{M_t}{G \cdot I_T} \quad I_T = \frac{(2A_m)^2}{\oint \frac{1}{t} ds}$$

I_T = Torsionsträgheitsmoment

$$I_T = \frac{(2A_m)^2}{\oint \frac{1}{t} ds}$$

$t(s) = \text{const.}$

$U_m = \text{Mittleresumfang}$

$$\varphi(x) = \frac{M_t}{G \cdot I_T} \cdot x + C$$

Zusammengesetzte Profile

$$\tau_{max} = \frac{M_t}{W_T} \quad \text{mit } W_T = \frac{1}{3} h t^2 \quad \text{und } I_T = \frac{1}{3} h t^3$$

$$\varphi' = \frac{M_t}{G \cdot I_T} \quad \varphi(x) = \frac{M_t}{G \cdot I_T} \cdot x + C$$

$$I_T \approx \frac{1}{3} \sum h_i t_i^3 \quad \text{und} \quad W_T \approx \frac{1}{3} \frac{\sum h_i t_i^3}{t_{max}} = \frac{I_T}{t_{max}}$$

$$\tau_{max} = 3 \cdot \frac{M_t}{\sum h_i t_i^3} \cdot t_{max}$$

Verwindung φ'

$$\tau_{max} = \frac{M_T}{W_T}, \quad \frac{d\varphi}{dx} = \frac{M_T}{G I_T}$$

Querschnitt	W_T	I_T	Bemerkungen
Vollkreisquerschnitt 	$\frac{\pi R^3}{2}$	$\frac{\pi R^4}{2}$	$\tau(r) = \frac{M_T}{I_T} r$ Größte Schubspannung am Rand $r = R$
Ellipse 	$\frac{\pi a b^2}{2}$	$\frac{\pi a^3 b^3}{a^2 + b^2}$	Größte Schubspannung in den Endpunkten der kleinen Achse
Quadrat 	$0,208 a^3$	$0,141 a^4$	Größte Schubspannung am Rand, in der Mitte der Seiten
dickwandiges Kreisrohr 	$\frac{\pi R_a^3}{2} (1 - \alpha^4)$	$\frac{\pi R_a^4}{2} (1 - \alpha^4)$	$\alpha = \frac{R_i}{R_a}$ Größte Schubspannung am äußeren Rand R_a

Querschnitt	W_T	I_T	Bemerkungen
dünnwandige geschlossene Hohlquerschnitte 	$2 A_m t_{min}$	$\frac{(2 A_m)^2}{\oint \frac{ds}{t}}$	A_m ist die von der Profilmittellinie eingeschlossene Fläche. $\oint \frac{ds}{t}$ ist das Linienintegral längs der Profilmittellinie. Schubfluss $T = \frac{M_T}{2 A_m} = \text{const.}$ Größte Schubspannung an der Stelle der kleinsten Wanddicke t_{min}
dünnwandiges Kreisrohr $t = \text{const}$ 	$2 \pi R_m^2 t$	$2 \pi R_m^3 t$	
schmales Rechteck 	$\frac{1}{3} h t^2$	$\frac{1}{3} h t^3$	
aus schmalen Rechtecken zusammengesetzte Profile 	$\approx \frac{1}{3} \frac{\sum h_i t_i^3}{t_{max}}$	$\approx \frac{1}{3} \sum h_i t_i^3$	Größte Schubspannung im Querschnittsteil mit der größten Wanddicke t_{max}

$$I_T = \frac{(2 A_m)^2}{\oint \frac{ds}{t(s)}} = (2 \cdot 25 \cdot 40)^2 \left[\frac{1}{2 \cdot \frac{25}{10}} + 2 \cdot \frac{1}{\frac{40}{5}} \right]^{-1}$$

Bruchhypothesen

$$\sigma \cdot \sigma_v \leq \sigma_{me}$$

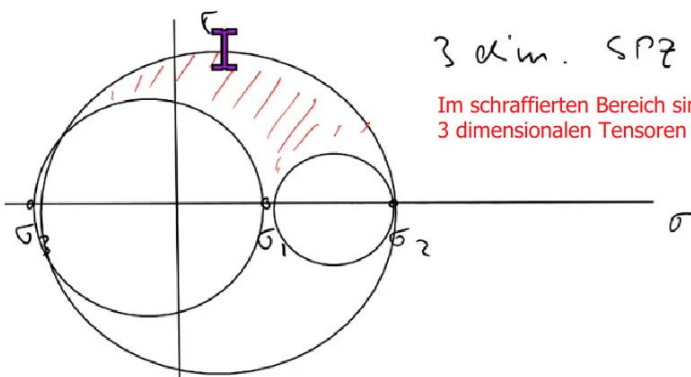
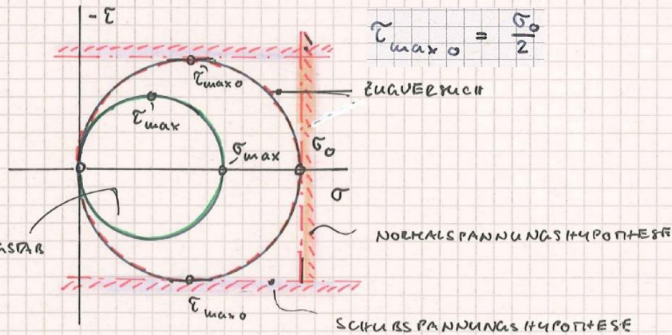
Bruchhypothese
Katastrophenungleichung
ov Vergleichsspannung

sprödes Material

Duktiles Material

$$\sigma_{max} \leq \sigma_0 \quad \tau_{max} \leq \tau_{max0} = \frac{\sigma_0}{2}$$

Zul. Materialgrenze σ_0



3 dim. SPZ

Im schraffierten Bereich sind alle 3 dimensionalen Tensoren möglich

Gestaltänderungsenergie U

$$U = \frac{1}{6G} \left(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - \sigma_y \sigma_z - \sigma_z \sigma_x - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{yz}^2 + 3\tau_{zx}^2 + 3\tau_{xy}^2 \right)$$

Grenzwert U_0

$$U > U_0$$

$$U = \frac{1}{6G} \sigma_x^2 \leq U_0 = \frac{1}{6G} \sigma_0^2$$

G = Schubmodul

Fließbedingungen nach von Mises (nur Duktiles Material!)

Fließbedingung nach von Mises

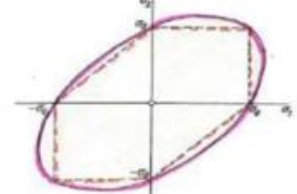
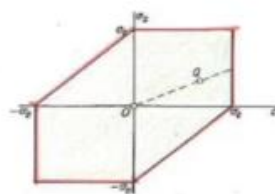
$$\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - \sigma_y \sigma_z - \sigma_z \sigma_x - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{yz}^2 + 3\tau_{yx}^2 + 3\tau_{zx}^2 \leq \sigma_0^2$$

Hauptspannungen gegeben

$$\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_2 \sigma_3 - \sigma_2 \sigma_1 - \sigma_1 \sigma_3 \leq \sigma_0^2$$

Schweißnähte gelten als spröder Werkstoff

Links Tresca, Rechts von Mises



Normalspannungshypothese für sprödes Material

In einem Körperpunkt P eines Bauteils liege ein allgemeiner, räumlicher Spannungszustand vor. Dann wählt man als Vergleichsspannung die maximale Normalspannung und die Bruchbedingung lautet dann, ausgedrückt in den Hauptspannungen

$$\max(|\sigma_1|, |\sigma_2|, |\sigma_3|) \leq \sigma_0$$

Zugspannungsempfindlich (spröde Materialien eher weniger)

Schubspannungshypothese nach Tresca duktiles Material

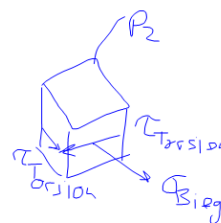
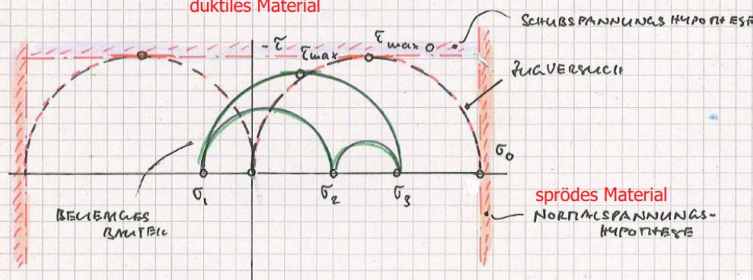
In einem Körperpunkt P eines Bauteils liege ein allgemeiner, räumlicher Spannungszustand vor. Dann wählt man als Vergleichsspannung die maximale Schubspannung und die Bruchbedingung, oder besser Fließbedingung lautet dann, ausgedrückt in den Hauptspannungen

$$\frac{1}{2} \max(|\sigma_1 - \sigma_2|, |\sigma_1 - \sigma_3|, |\sigma_2 - \sigma_3|) \leq \frac{1}{2} \sigma_0$$

oder

$$\max(|\sigma_1 - \sigma_2|, |\sigma_1 - \sigma_3|, |\sigma_2 - \sigma_3|) \leq \sigma_0$$

duktiler Material

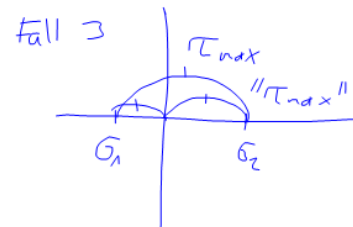
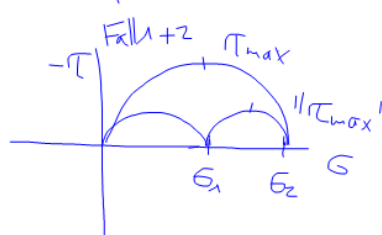


In jedem Punkt ist der Tensor unterschiedlich

Kritische Stellen, Punkt definieren!
Folgerung krit Tensor
Folgerung krit Sichelgebiet

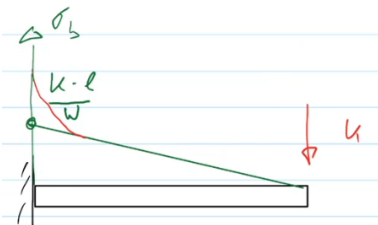
deformation abklären

3 Fälle



Betriebsfestigkeitslehre

Beanspruchungsart	Einwirkung von Kräften u. Momenten	Spannung	
		Verteilung über den Querschnitt	Größengleichung
Zug			$\sigma_z = \frac{F}{A}$
Druck			$\sigma_d = \frac{F}{A}$
Biegung			$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$
Schub			$\tau_a = \frac{F}{A}$
Torsion			$\tau_t = \frac{M_t}{W_t}$



Spannungskollektiv

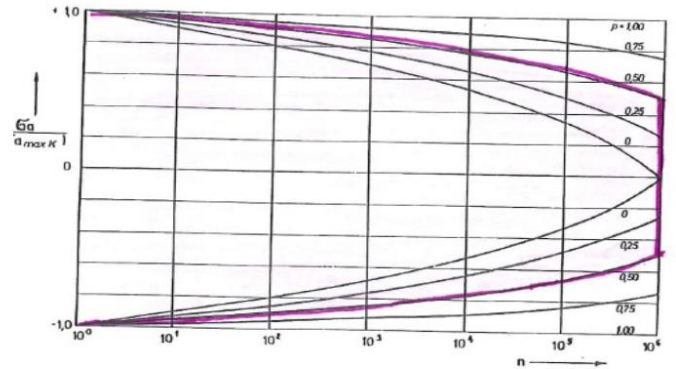
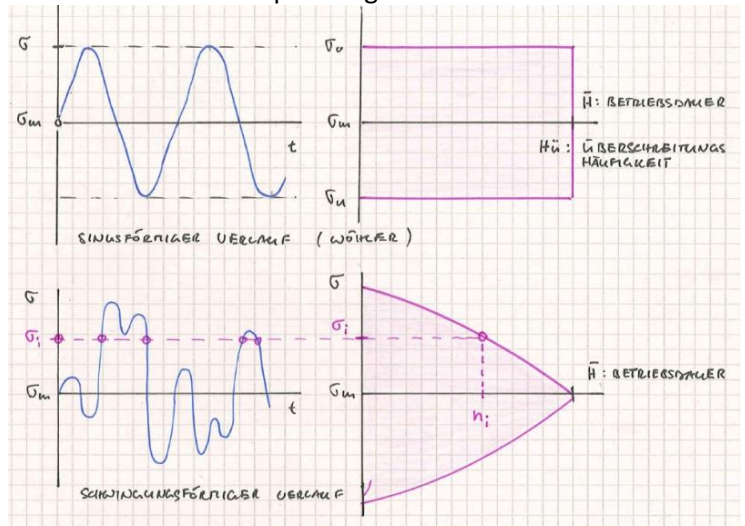
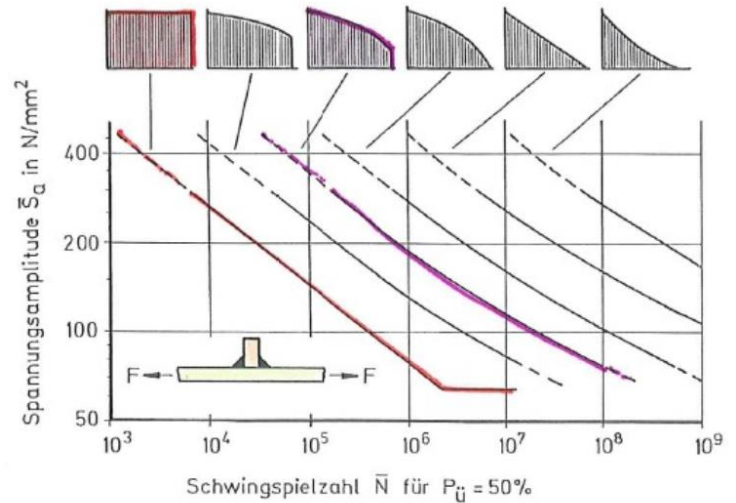


Bild 11: Normkollektiv des Betriebsfestigkeitsinstitutes Darmstadt

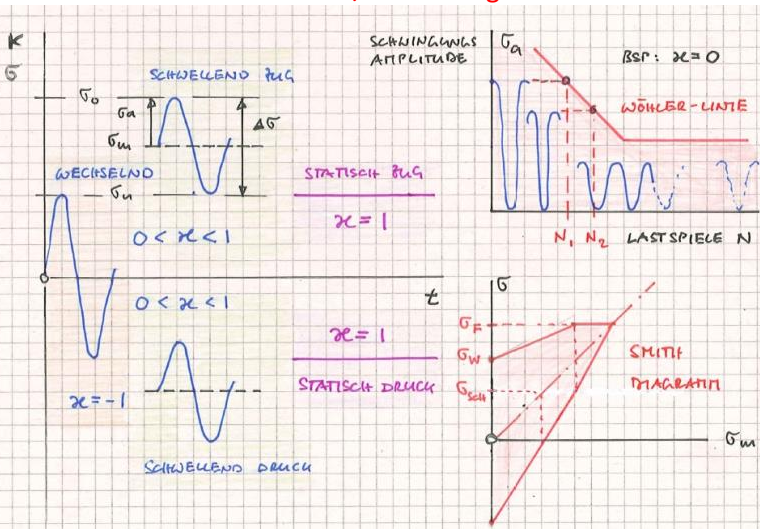
Gassner Linie

Form des Amplitudenkollektivs



: Gassnerlinien einer Schweissverbindung für verschiedene Formen des Spannungskollektivs

Wöhler Linie / Smith Diagramm



		NENNSPANNUNGEN (MFL) / STRUKTURSPANN (FER/DMS)		
BELASTUNG ↑ ↓	GASSEN			
	WÖHLER	$x = -1$ WECHSEL SCHWELLE $0 < x < 1$		$\sigma_{a,max} = \sigma_a \cdot \sigma_{a,stat}$
	STATISCH	$\alpha = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} = 1$	 KERB-FAKTOR $\sigma = \alpha \cdot \sigma_N$ $\sigma_v = \sigma_3$ $\sigma_v = \sigma_3 - \sigma_1$ $\sigma_v = (\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1 \sigma_2 - \sigma_1 \sigma_3 - \sigma_2 \sigma_3)^{1/2}$	BRUCHMECHANIK
		 msl/10 M/10	GRUND MAT KONSTRUKTIV PRODUKT RISS 	BRUCHMECHANIK
KORB-WIRKUNG →				