



Höhere Werkstoffmechanik – Übungsblatt Nr. 1
Thema: ausgewählte Kapitel des Leichtbaus

Formelsammlung

1. Kriterien für die Werkstoffauswahl:

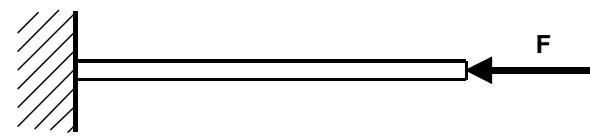
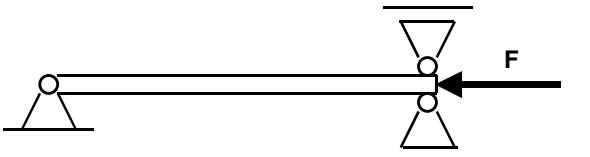
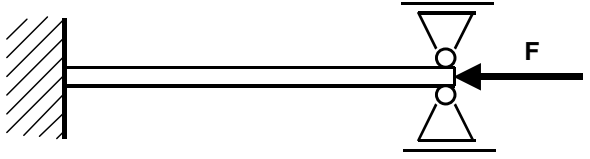
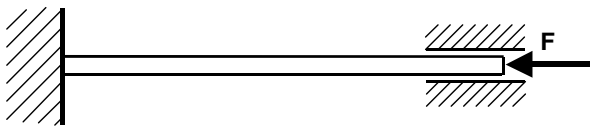
Schritt 1: Gleichung für die zu verbauende Masse m aufstellen (z.B. $m = \rho \cdot V$)

Schritt 2: Gleichung für auftretende Spannung bzw. Verformung aufstellen (je nachdem, ob gegen Spannung oder Verformung zu dimensionieren ist).

Schritt 3: Gleichung 2 in Gleichung 1 einsetzen und nach m auflösen.

Schritt 4: Die Werkstoffkennzahl (auch als Leichtbaukennzahl bezeichnet) M ist $M = \frac{1}{m}$, wenn aus diesem Quotienten alle nicht materialabhängigen Parameter gestrichen werden.

2. Eulersches Knicken:

Eulerfall		Knicklänge
1		$l_K = 2l$
2		$l_K = l$
3		$l_K = \frac{l}{\sqrt{2}}$
4		$l_K = \frac{l}{2}$

Schritt 1: Eulerfall identifizieren, l_K berechnen.

Schritt 2: Querschnittsfläche A und Flächenträgheitsmoment I_y berechnen.

Schritt 3: Schlankheitsgrad $\lambda = l_K \sqrt{\frac{A}{I_y}}$ berechnen.

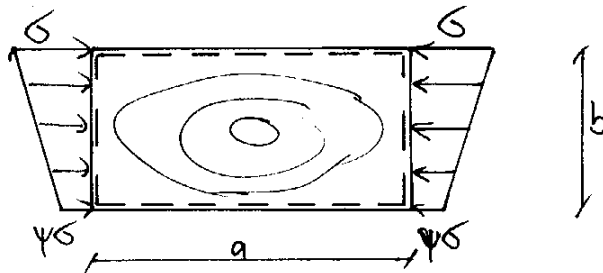
Schritt 4: Grenzschlankheitsgrad $\lambda_0 = \pi \sqrt{\frac{E}{0,8R_p}}$ berechnen. Für $\lambda < \lambda_0$ überwiegt die Gefahr plastischer Verformung, für $\lambda > \lambda_0$ die Knickgefahr.

Schritt 5: Berechnung von Knicklast $F_K = \frac{EI_y \pi^2}{l_K^2}$ bzw. kritischer Drucklast bei plastischer Verformung $F_D = 0,8R_p A$

3. Beulen dünnwandiger Blechfelder

Allgemeine Gleichung: $\sigma_{krit} = k_\sigma \cdot 0,905 \cdot E \cdot \left(\frac{t}{b}\right)^2$

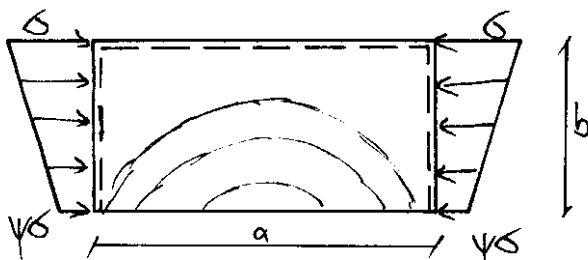
mit t: Blechstärke, b: Breite des Blechfeldes



Für alle 4 Beulfälle gilt $b < a$

$$k_\sigma = 4 + 2(1-\psi)^3 + 2(1-\psi)$$

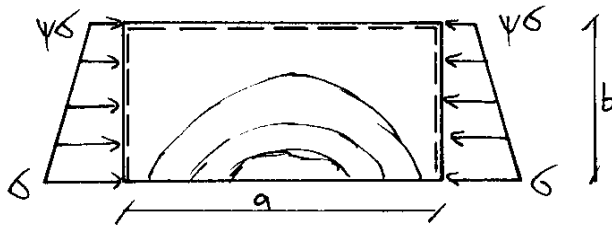
Spezialfall $\psi = 1$: $k_\sigma = 4 \Rightarrow \sigma_{krit} = 3,62 \cdot E \cdot \left(\frac{t}{b}\right)^2$



für $-\frac{1}{3} < \psi \leq 1$

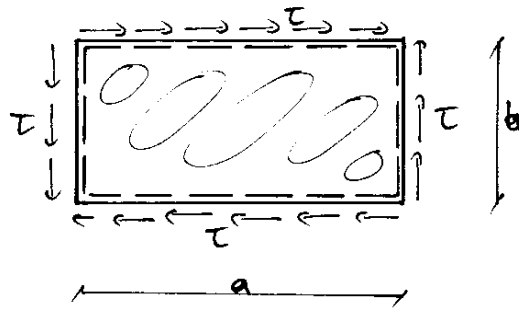
$$k_\sigma = \frac{4}{1+3\psi} \left[\left(\frac{b}{a}\right)^2 + 0,426 \right]$$

Spezialfall $\psi = 1$: $k_\sigma = \left(\frac{b}{a}\right)^2 + 0,426$



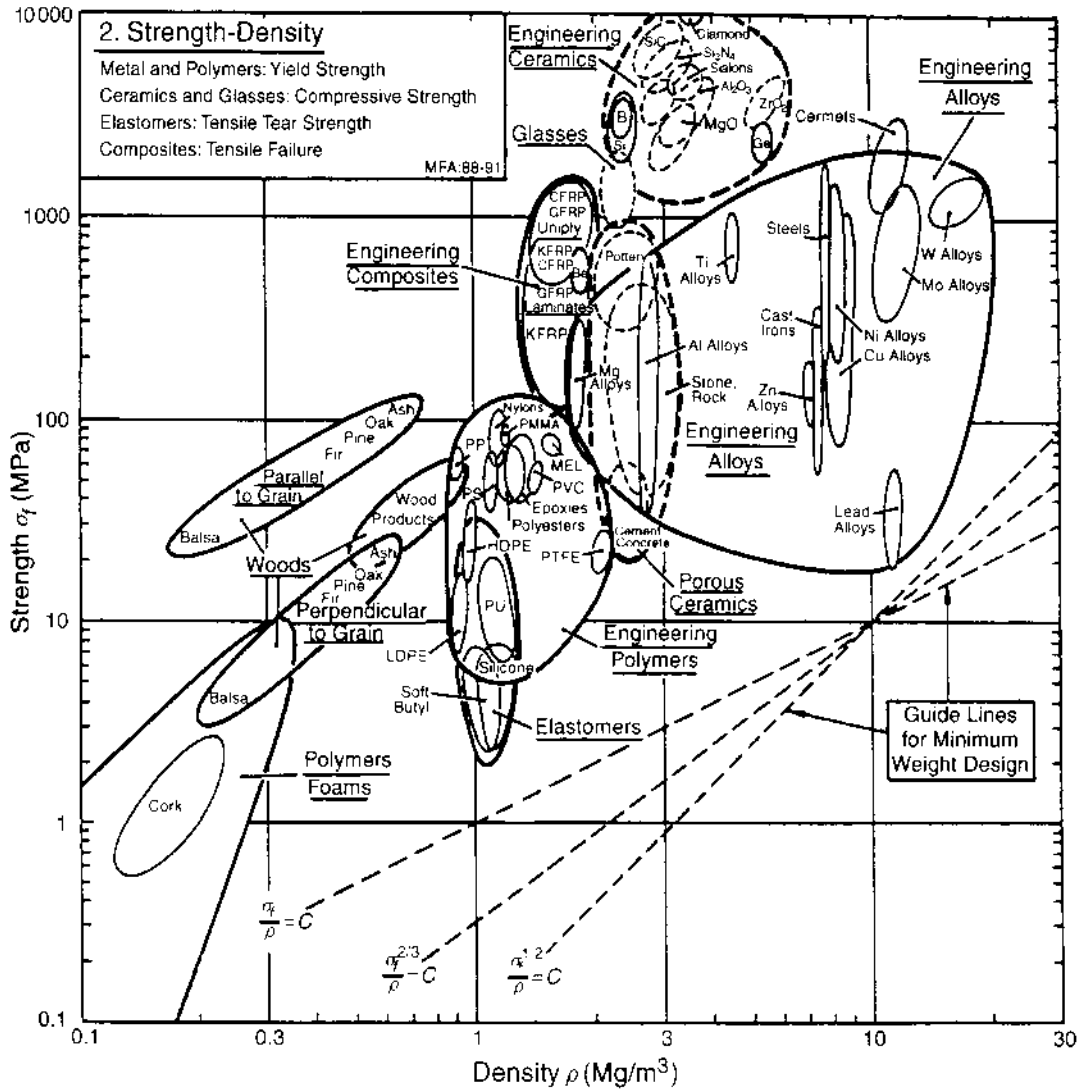
für $-3 < \psi \leq 1$

$$k_{\sigma} = \frac{4}{3 + \psi} \left[\left(\frac{b}{a} \right)^2 + 0,426 \right]$$

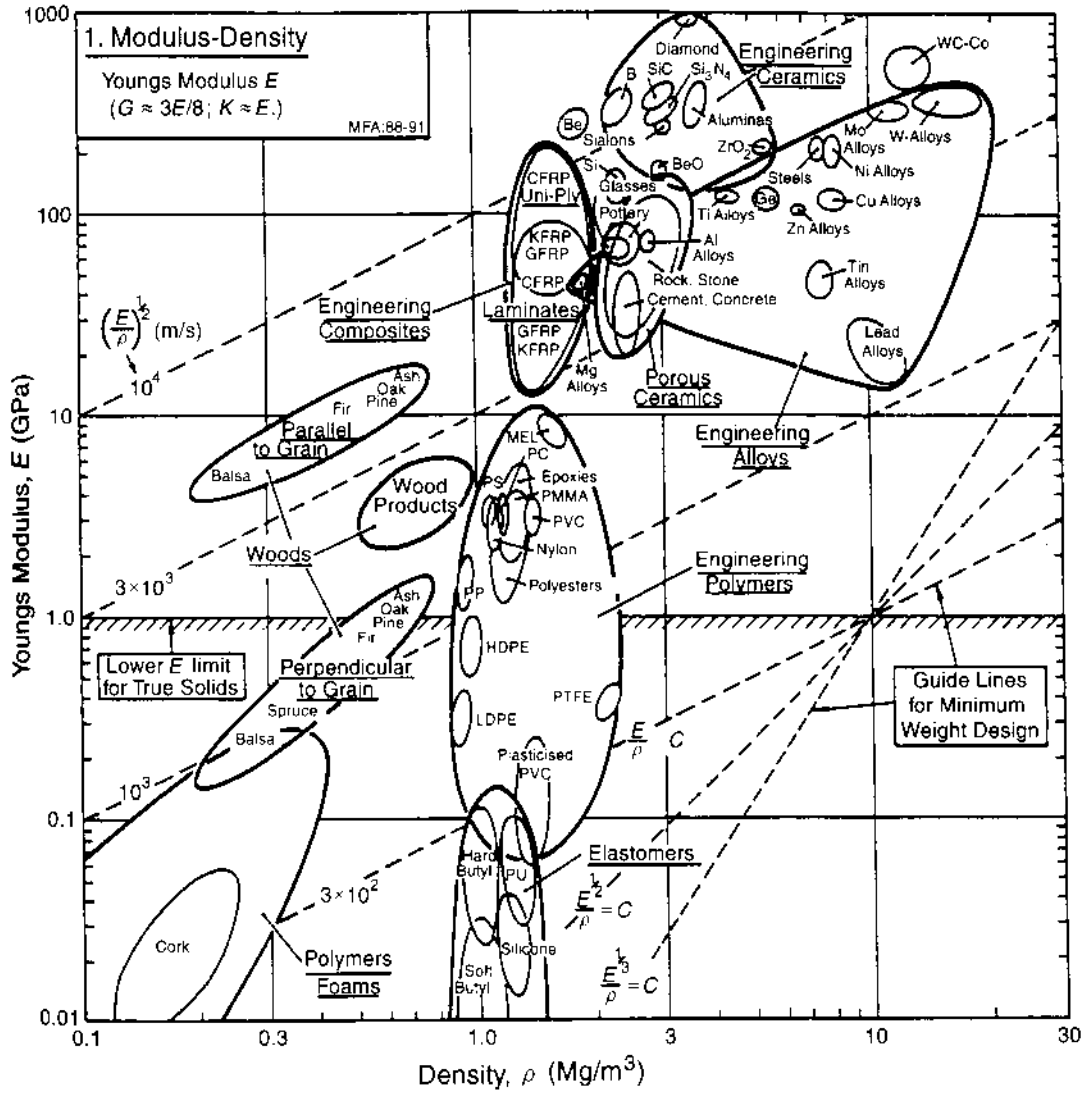


kritische Beulschubspannung $\tau_{krit} = k_{\tau} \cdot 0,905 \cdot E \cdot \left(\frac{t}{b} \right)^2$ mit $k_{\tau} = 5,34 + 4 \left(\frac{b}{a} \right)^2$

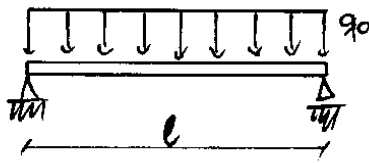
Zusammenhang Festigkeit – Dichte:



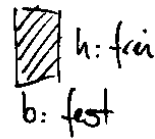
Zusammenhang Steifigkeit – Dichte:



Aufgabe 1



Querschnitt:



In einem durch eine Streckenlast q_0 belasteten Biegebalken der Länge l darf die Streckgrenze R_p des eingesetzten Werkstoffs nicht überschritten werden.

Berechnen Sie die Leichtbaukennzahlen M für Stahl und Aluminium, wenn die Breite b des Trägers fest und die Höhe h des Trägers variabel ist.

Angaben zu den Werkstoffen:

$$\text{Stahl: } \rho = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, R_p = 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Alu: } \rho = 2700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, R_p = 200 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Aufgabe 2

Zu betrachten ist erneut der durch eine Streckenlast q_0 belasteten Biegebalken der Länge l aus Aufgabe 1. Dimensionierungskriterium ist nun, dass die Durchbiegung des Balkens einen kritischen Wert f_{\max} nicht überschreiten darf.

Aufgabenteil 1: Berechnen Sie die Leichtbaukennzahlen M für Stahl und Aluminium, wenn die Breite b des Trägers fest und die Höhe h des Trägers variabel ist.

Angaben zu den Werkstoffen:

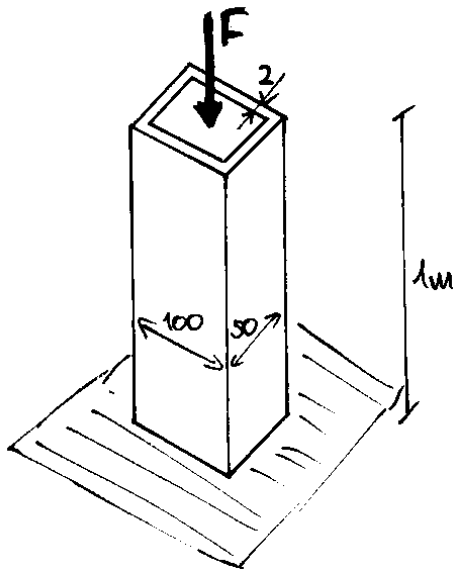
$$\text{Stahl: } \rho = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, E = 207000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Alu: } \rho = 2700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, E = 70000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Hinweis zum beidseitig gelagerten Biegebalken unter Streckenlast: } f_{\max} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_0 l^4}{EI}$$

Aufgabenteil 2: Wählen Sie durch geeignete graphische Auswertung des E- ρ -Diagramms jeweils fünf Werkstoffe mit besserer und mit schlechterer Leichtbaueignung als Stahl aus.

Aufgabe 3



Auf den skizzierten 1m langen Pfosten des Querschnitts $100\text{mm} \times 50\text{mm} \times 2\text{mm}$ wird eine stetig steigende Druckkraft F aufgebracht.

1. Bei welcher Kraft sind (a) plastische Verformung, (b) Eulersches Knicken und (c) Beulen einer der Wände zu erwarten?
2. Wie hoch müsste der Pfosten sein, damit Beulen und Eulersches Knicken bei gleicher Last zu erwarten sind?

Angaben zum Werkstoff:

$$E = 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, R_p = 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$