

Grundlagen - Werkstofftechnik

Prof. Dr.-Ing. Christian Willberg^{id}
Hochschule Magdeburg-Stendal

Kontakt: christian.willberg@h2.de

Teile des Skripts sind von
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Häberle
übernommen

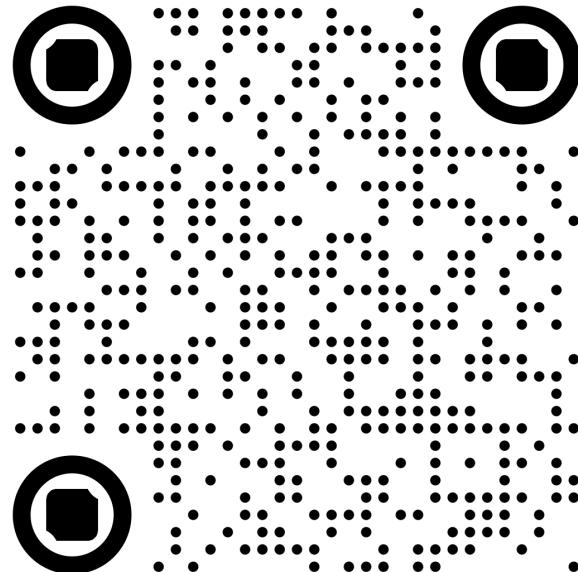
[Bildreferenz](#)



Vorlesung

Rahmen

- Essen oder Trinken sind okay,
aber leise
- Probleme bei der
Kinderbetreuung
- Fragen



Inhalte nach Modulhandbuch

- Einteilung von Werkstoffen
- Materialeigenschaften
- Werkstoffstruktur, Gefüge, Legierungen, Gitterbaufehler
- ideale und reale Zustandsdiagramme, Gleichgewichts- und Ungleichgewichtszustände
- Wärmebehandlung, Härteverfahren
- Labor: Zugversuch, Härteprüfung

Werkstoffe

Was sind Werkstoffe?

Werkstoffe im engeren Sinne nennt man Materialien im festen Aggregatzustand, aus denen Bauteile und Konstruktionen hergestellt werden können.

Anwendungsbereiche

- Metalle
 - Eisen, Stahl, Gusseisen
 - Nicht Eisen
- Kunststoffe
- Keramiken
- Verbundwerkstoffe



Gußeisen - Stahl



Nicht Eisen Metalle

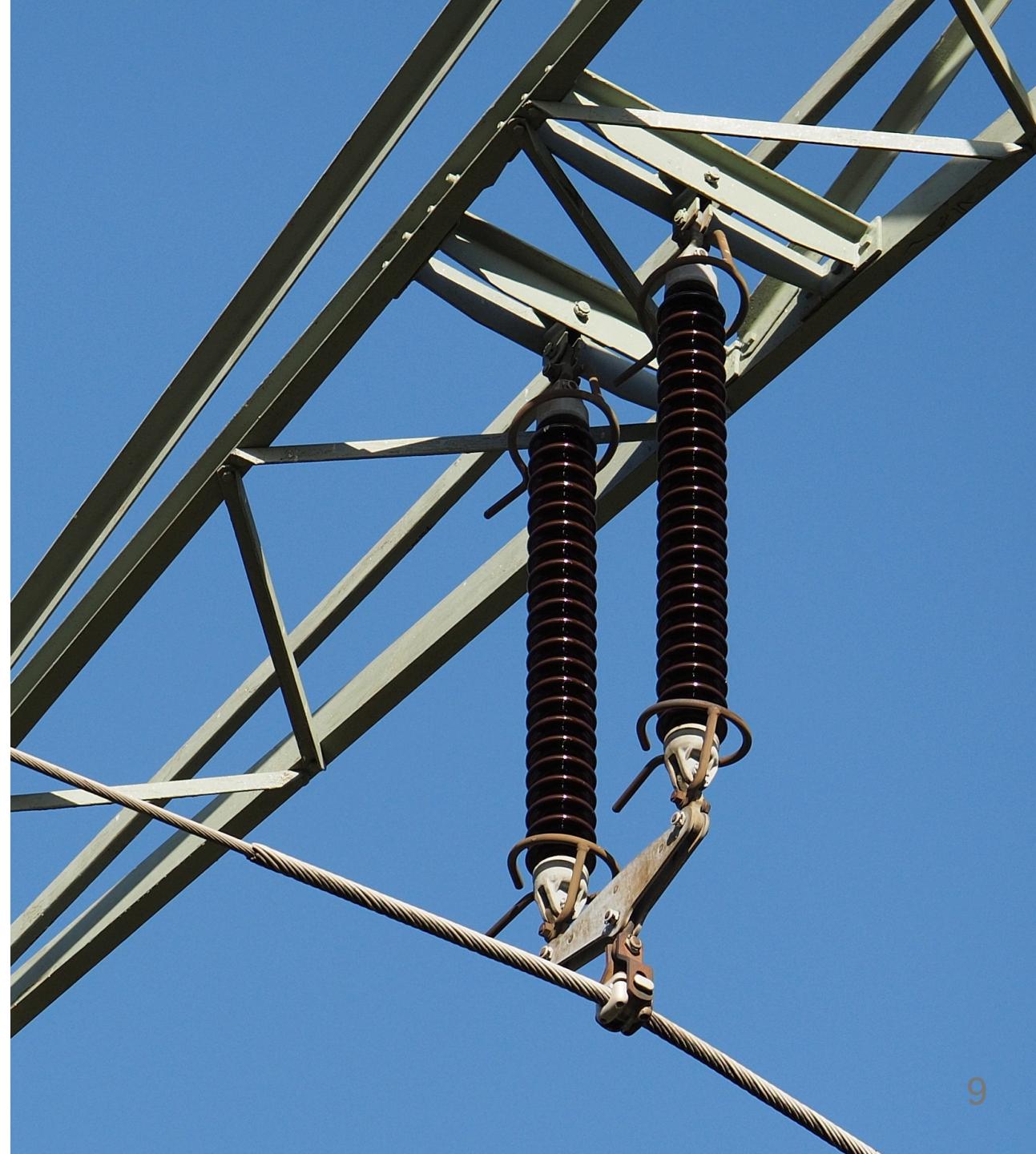
- Kupfer ist ein sehr guter elektrischer und thermischer Leiter



- Magnesium findet im Leichtbau Anwendung
- Titan und Titanlegierungen
 - hohe Festigkeit und Warmfestigkeit
 - Korrosionsbeständig
- Nickel
 - Korrosionsbeständigkeit
 - hohe Warmfestigkeit



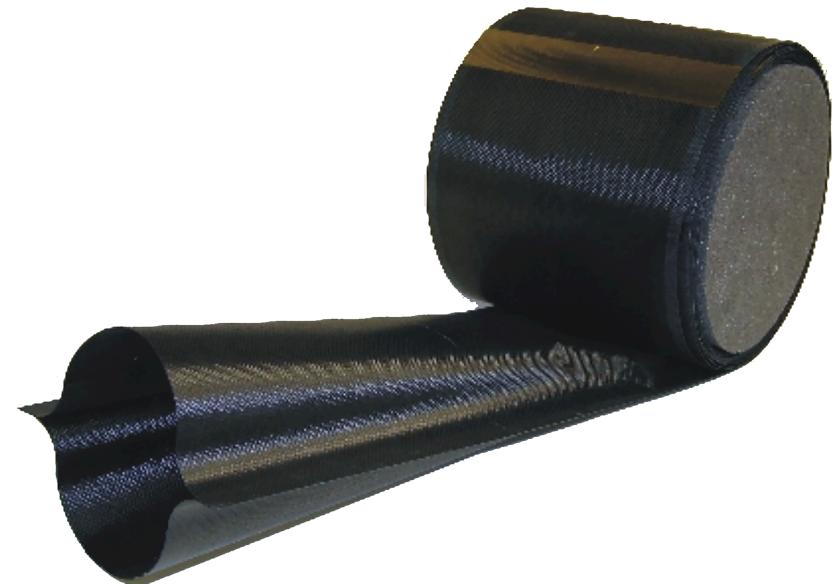
Keramiken



Gläser



Faserverbundwerkstoffe



Mechanische Eigenschaften

Was sind wichtige Eigenschaften aus Sicht einer Ingenieurin / eines Ingenieurs?

- Materialverhalten ohne Schädigung
- Ermüdungsverhalten
- Verschleißverhalten
- wann tritt eine Schädigung auf
- ...

Konzept Spannung - Dehnung

- Detailliert in der technischen Mechanik
 - ε - Dehnung
 - σ - Mechanische Spannung

Dehnungen 1D

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$$

Beispiel:

$$l_0 = 1m$$

$$l_1 = 1.01m$$

$$\varepsilon = \frac{l_1 - l_0}{l_1} = 0.01 \rightarrow 1\%$$

Spannungen 1D

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

Beispiel:

$$F = 100N$$

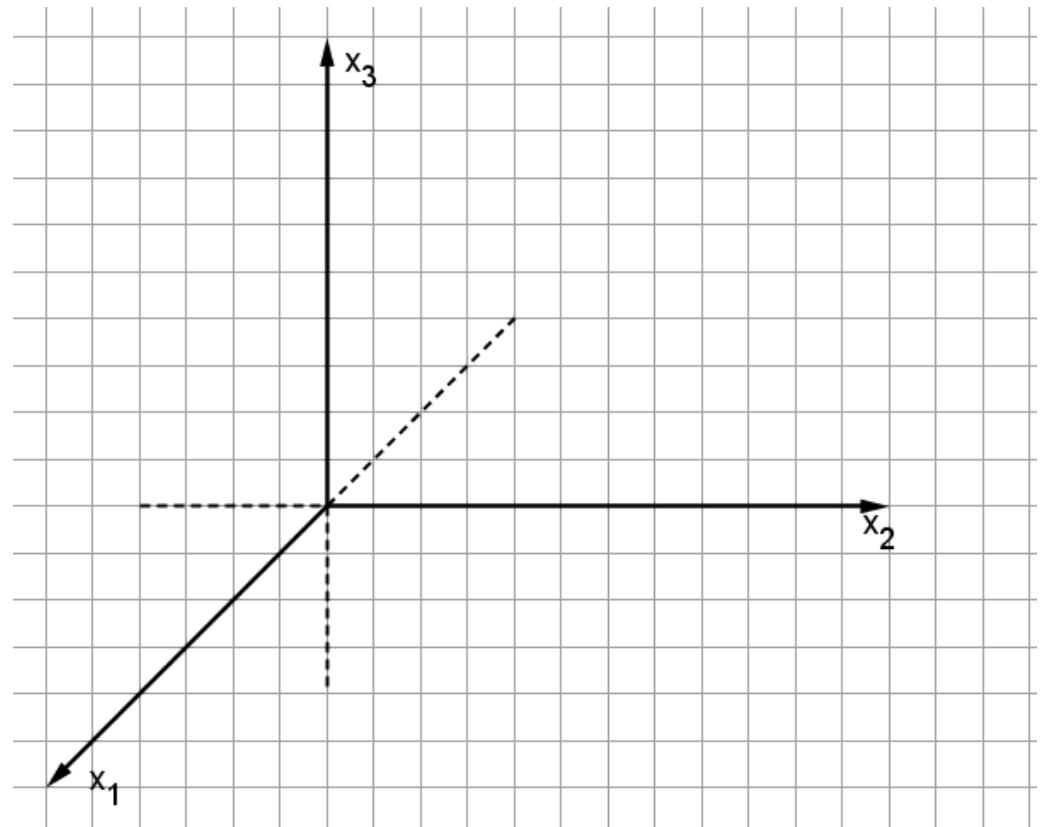
$$A = 20mm^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{100N}{20mm^2} = 5\frac{N}{mm^2}$$

Mehr Dimensionalität

Symmetrien

- isotropie
- transversale isotropie
- orthotropie
- ...
- anisotropie



Mechanische Eigenschaften

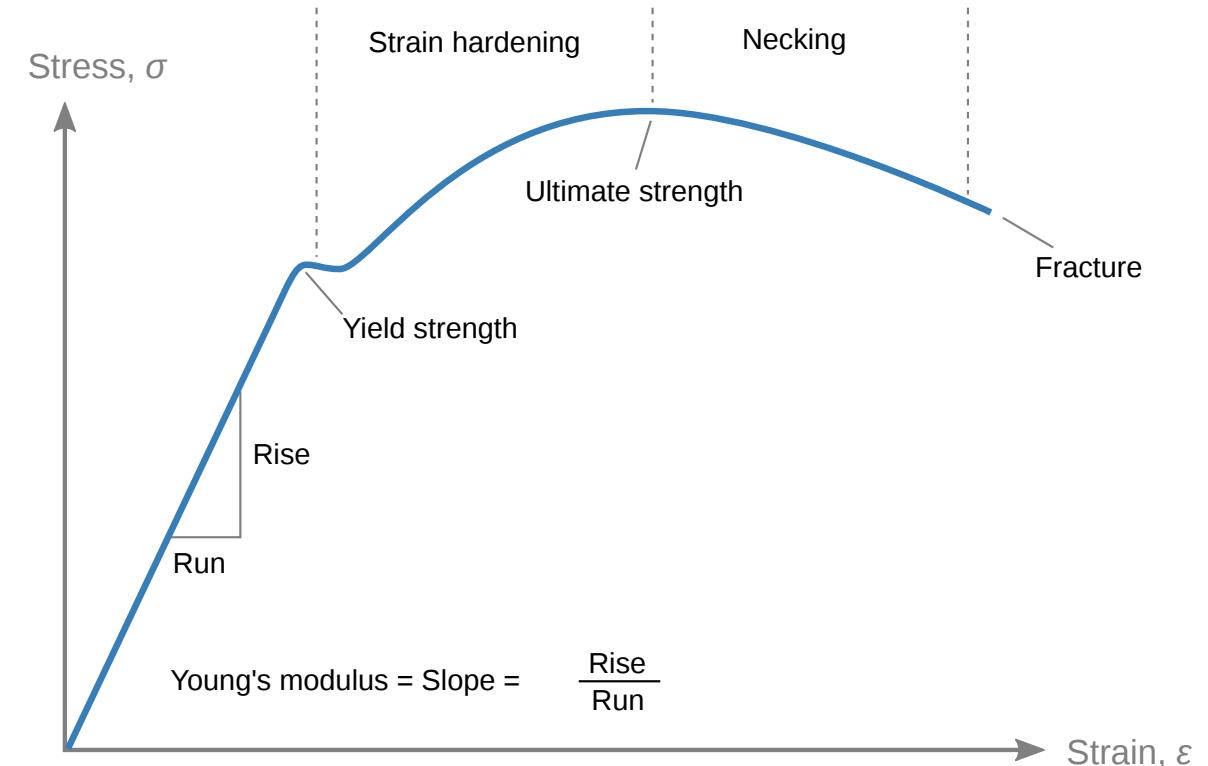
- die **reversible** Verformung, bei der sofort bzw. eine bestimmte Zeit nach dem Einwirken der äußeren Belastung der verformte Werkstoff seine ursprüngliche Form zurückhält: elastische und viskoelastische Verformung;
- die **irreversible (bleibende)** Verformung, bei der die Formänderung auch nach dem Einwirken der äußeren Belastung erhalten bleibt: plastische und viskose Verformung;
- der Bruch, d.h. eine durch Entstehen und Ausbreiten von Rissen bewirkte Trennung des Werkstoffes.

Beispiel Stahl

Kurvenbestimmung

Datenblatt Stahl

By Nicoguaro - Own work, CC BY 4.0



Materialverhalten - reversibel

Elastizität

- reversibel, energieerhaltend
- Hooksches Gesetz 1D

Normalspannung $\sigma = E\varepsilon$

Schubspannung $\tau = G\gamma$

Grundlagen

- Normaldehnung [-]

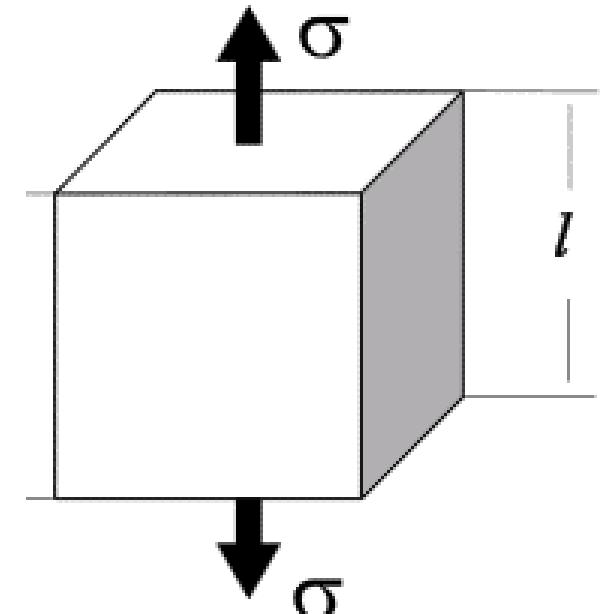
$$\varepsilon_{mechanisch} = \frac{l - l_0}{l_0}$$

- Normalspannung $\left[\frac{N}{m^2} \right], [Pa]$

$$\sigma = \frac{F}{A} = E\varepsilon$$

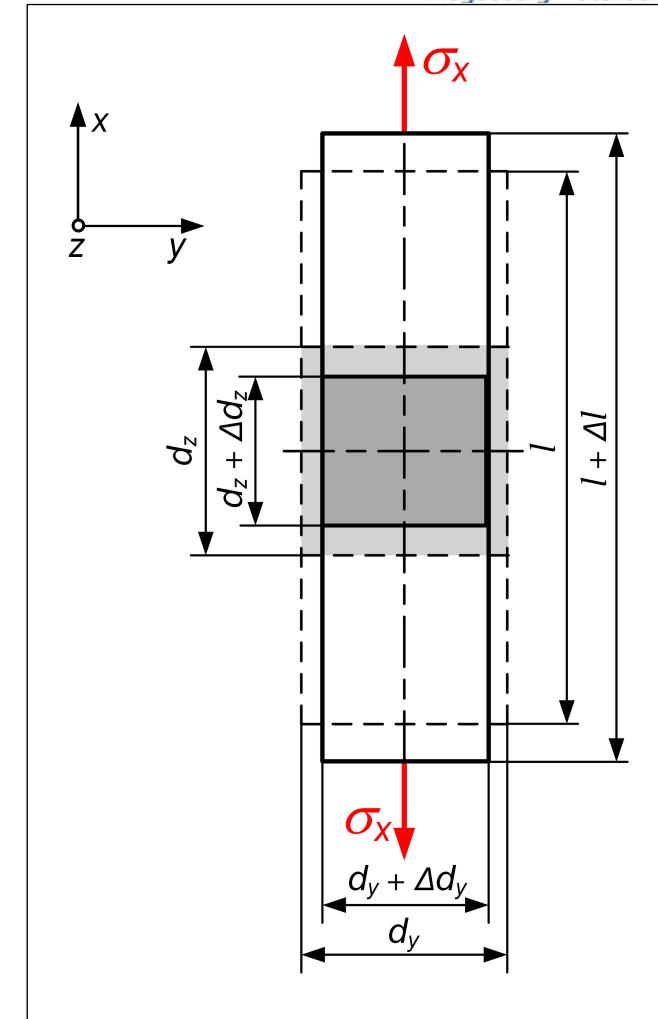
E - Elastizitätsmodul, Young's modulus $\left[\frac{N}{m^2} \right]$

- Relevant bspw. bei Verformungsanalysen



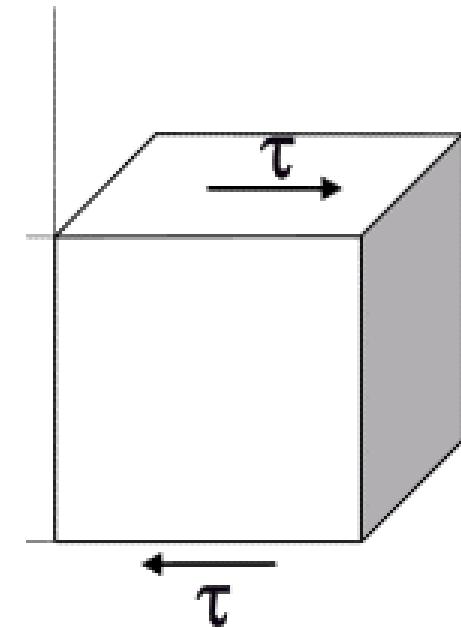
Grundlagen - Querkontraktion

- Querkontraktionszahl [-]
- $\nu = -\frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_x}$
für homogene Werkstoffe $0 \leq \nu \leq 0.5$
für heterogene Werkstoffe sind anderen Konstellationen
denkbar
- Relevant bspw. bei Pressverbindungen



Grundlagen - Schub

- Schubdehnungen [-]
$$\varepsilon = \frac{1}{2} \left(\frac{u_x}{l_0} + \frac{u_y}{b_0} \right) = \frac{\gamma}{2}$$
- Schubspannung $\left[\frac{N}{m^2} \right]$, [Pa]
$$\tau = \frac{F_s}{A} = G\gamma$$
- Normal- und Schubspannungen sind nicht kompatibel;
daher die Vergleichsspannungen
- G - **Schub--**, Gleitmodul, Shear modulus $\left[\frac{N}{m^2} \right]$
$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$
- Relevant bspw. bei Torsion (Antriebsstränge, Drehfedern)



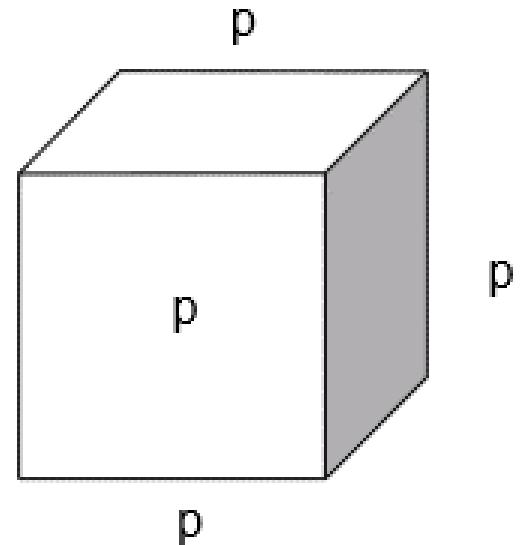
Grundlagen - Kompression

$$\sigma_h = p = -K \cdot \frac{\Delta V}{V_0}$$

$$\varepsilon_v = \frac{\Delta V}{V_0} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3$$

Kompressionsmodul $K = \frac{E}{3(1-2\nu)}$

- Relevant bspw. bei Hydrauliken



Werkstoff	E [GPa]	G [GPa]	v [-]
Stahl unlegiert	200	77	0.30
Titan	110	40	0.36
Kupfer	120	45	0.35
Aluminium	70	26	0.34
Magnesium	45	17	0.27
Wolfram	360	130	0.35
Gusseisen mit lamellarem Graphit	120	60	0.25
Thermoplaste/Duromere	2-5	1-2	ca. 0.35
Elastomere	0.1	0.03	0.45-0.49
Sperrholz	4-16	-	-

Steifigkeiten

- Wie Materialeigenschaften den Steifigkeiten zusammen?

Bildreferenz



Viskoses Verhalten

- irreversibel
- zeitabhängig, dehnratenabhängig

Federmodell $\sigma = E\epsilon$

- Elastischer Anteil
- Dargestellt durch Federlemente

- schnelle Belastung -> Verhalten ist elastisch
- langsame Belastung -> Material fließt
- **schnelle Belastung**



Festigkeit

Die Festigkeit eines Werkstoffes beschreibt die Beanspruchbarkeit durch mechanische Belastungen, bevor es zu einem Versagen kommt, und wird angegeben als mechanische Spannung [N/m^2]. Das Versagen kann eine **unzulässige Verformung** sein, insbesondere eine **plastische (bleibende) Verformung** oder auch ein **Bruch**.

Wichtig: Festigkeit \neq Steifigkeit

Plastizität

- Schmieden
- Walzen

Referenzen

Rainer Schwab: Werkstoffkunde und Werkstoffprüfung für Dummies, 2019; ISBN-10 352771538X