

7.1.5 Merkpunkte zu Kapitel 7.1: Zugversuch

Der **Zugversuch** ergibt eine Fülle von Materialeigenschaften:

- Unterscheidung spröde - duktil - gummiartig usw.; und damit auch elastische - plastische Verformung.
- Zahlenwerte für **E-Modul** ($E = d\sigma/d\epsilon$); Fließgrenze **R_p**, max. Zugfestigkeit **R_M**, Bruchdehnung und Spannung, Zähigkeit (Fläche unter $\sigma - \epsilon$ Kurve) als Funktion der Temperatur **T** und der Verformungsgeschwindigkeit **dε/dt**.

Mechanismen dazu indirekt bestimmbar:

- **Elastizität** aus Änderung Bindungsabstände (alle Kristalle, ...). Maximale Dehnung wenige % oder kleiner.
- **Gumimielastizität**: Maximale Dehnung **100 %** und mehr \Rightarrow Reiner Entropieeffekt!
- **Plastische Verformung**: Erzeugung und Bewegung von Versetzungen.

Auf beliebigen Ebenen im Probekörper steht die wirkende Kraft nicht senkrecht auf der betrachteten Ebene, deshalb:

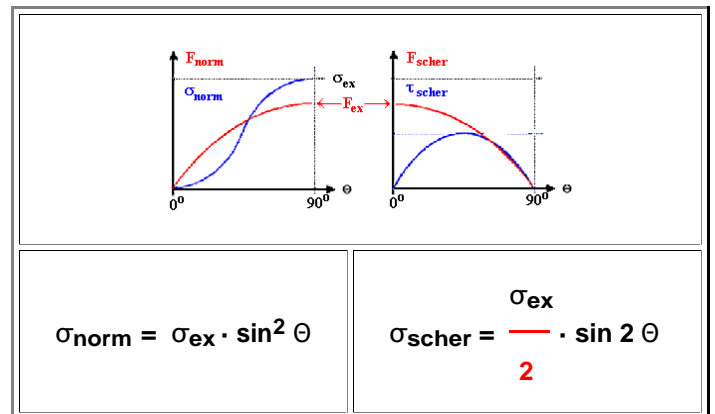
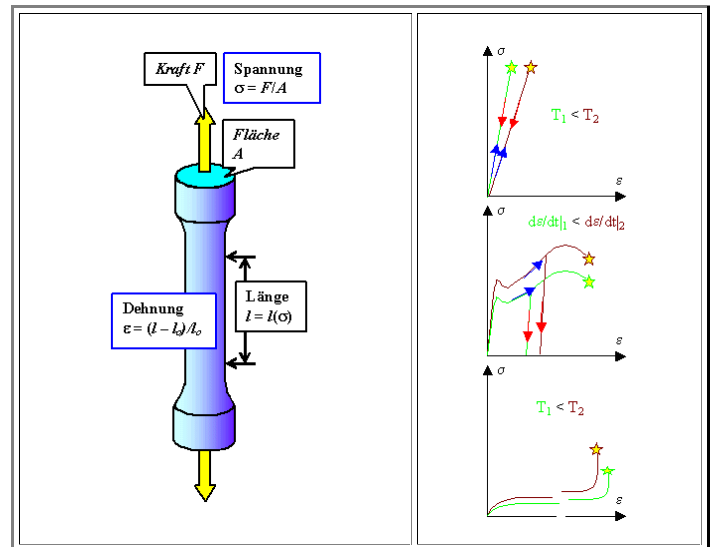
- Zerlegung der Spannung in Normalspannungen (σ) und Scherspannungen (τ).
- Spannungsverläufe (**blau**) als Funktion des Ebenenwinkels Θ . sind nicht mehr ähnlich dem Kraftverlauf (**rot**).
- Scherspannungen bestimmen die plastische Verformung!

Spezielle elastische Verformungen werden mit passenden elastischen Modulen beschrieben

- Einachsiger Zug (und Druck): **E-Modul** und **Querkontraktionszahl** $\nu \approx 0.2 \dots 0.5$
- Reine Scherung: **Schermodul G**
- Allseitiger Druck: **Kompressionsmodul K**
- Benötigt werden in isotropen homogenen Materialien aber immer nur **2** elastische Module! Ein beliebiger Modul ist immer durch zwei andere darstellbar.

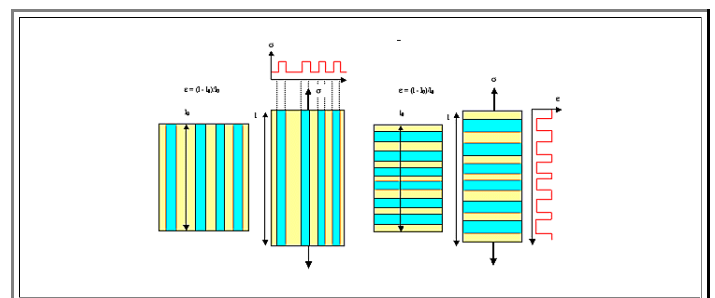
Elastisches Verhalten von Verbundwerkstoffen (Typisch: Hartes Material (z.B. Fasern) mit **E_F** in weicher Matrix mit **E_M**) ist leicht eingrenzbar:

- Extremfälle: "Harte" gleichförmig verteilte Fasern mit Volumenanteil **V_F** senkrecht oder parallel zur Zugrichtung ergibt Extremwerte für den effektiven **E-Modul E_{VB}** des Verbundwerkstoffs: **E_{pa}** und **E_{se}**.



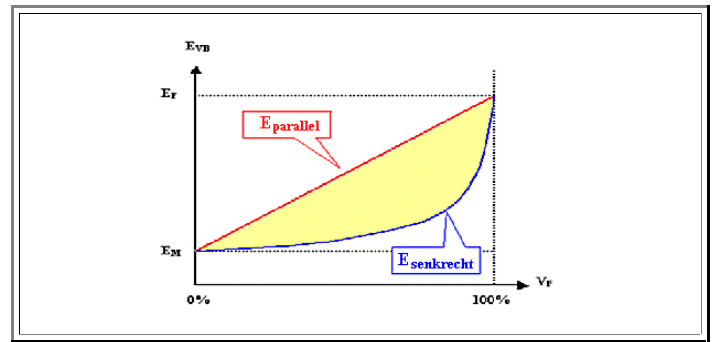
$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)} \approx 0,4 E \quad (\text{für } \nu \approx 0,3)$$

$$K = \frac{E}{3(1 - 2\nu)} \approx 0,8 E \quad (\text{für } \nu \approx 0,3)$$



$$E_{pa} = E_F \cdot V_F + E_M \cdot (1 - V_F)$$

$$E_{se} = \frac{1}{\frac{V_F}{E_F} + \frac{1 - V_F}{E_M}}$$



- Entspricht Reihen- bzw. Parallelschaltung von Widerständen (oder Kondensatoren, oder Mischung von Dielektrizitätskonstanten, oder ...).

 - Analogie ist weitgehend: Elektrische / mech. Spannung (= Ursache) produziert Wirkung = Dehnung / Strom proportional zur Ursache. E bzw. Widerstand R sind Proportionalitätsfaktoren.
- Die beiden Extremfälle im $E_{VB} - V_F$ Diagramm grenzen *alle möglichen Fälle* der Verteilung von hartem Material in weicher Matrix ein!