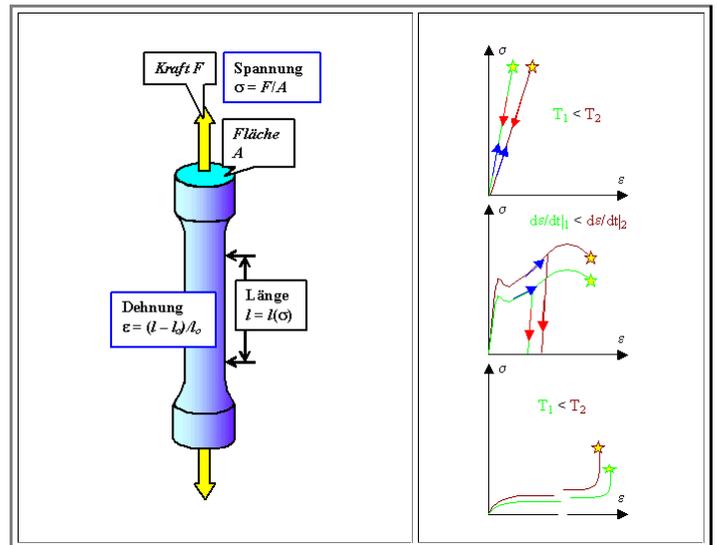
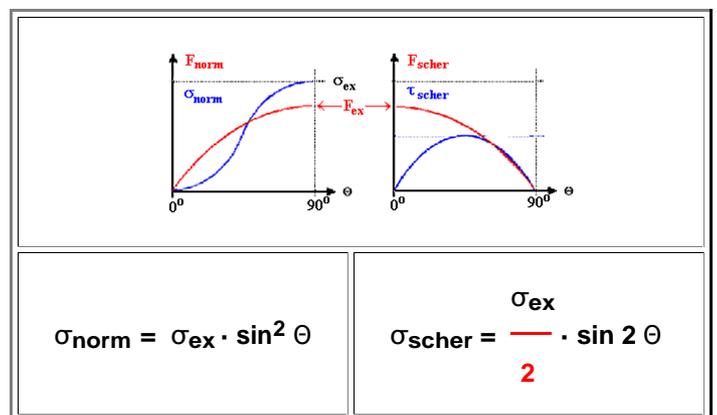


## 7.1.5 Merkpunkte zu Kapitel 7.1: Zugversuch

- 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<sub>p</sub>**, max. Zugfestigkeit **R<sub>M</sub>**, 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 ⇒ 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 ( $\sigma$ ) und Scherspannungen ( $\tau$ ).
  - Spannungsverläufe (blau) als Funktion des Ebenenwinkels  $\Theta$ . sind nicht mehr ähnlich dem Kraftverlauf (rot).
  - Scherspannungen bestimmen die plastische Verformung!

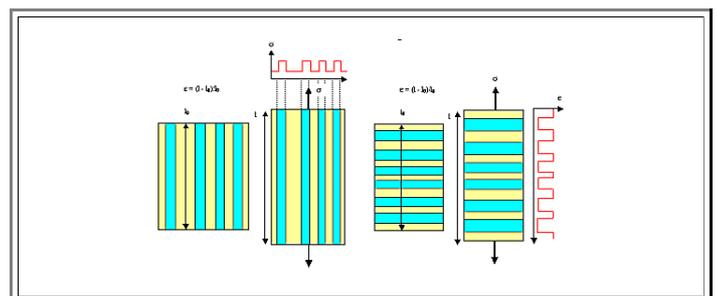


- Spezielle elastische Verformungen werden mit passenden elastischen Modulen beschrieben:
  - Einachsiger Zug (und Druck): **E-Modul** und **Querkontraktionszahl**  $\nu \approx 0.2 \dots 0.5$
  - Reine Scherung: **Schermodul G**
  - Allseitiger Druck: **Kompressionsmodul K**
  - Benötigt werden in isotropen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

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

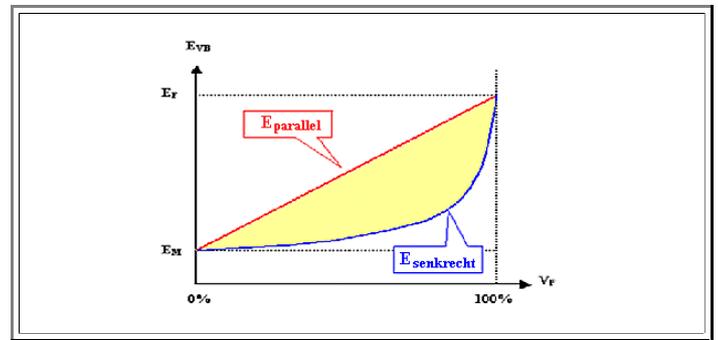
$$K = \frac{E}{3(1 - 2\nu)} \approx 0,8 E \quad (\text{für } \nu \approx 0,3)$$

- Elastisches Verhalten von Verbundwerkstoffen (Typisch: Hartes Material (z.B. Fasern) mit **E<sub>F</sub>** in weicher Matrix mit **E<sub>M</sub>**) ist leicht eingrenzbar:
  - Extremfälle: "Harte" gleichförmig verteilte Fasern mit Volumenanteil **V<sub>F</sub>** senkrecht oder parallel zur Zugrichtung ergibt Extremwerte für den effektiven **E-Modul E<sub>VB</sub>** des Verbundwerkstoffs: **E<sub>pa</sub>** und **E<sub>se</sub>**.



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

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



- ▶ 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!