



## Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

6/2.

Mechanische Eigenschaften 1

Schwerpunkte:

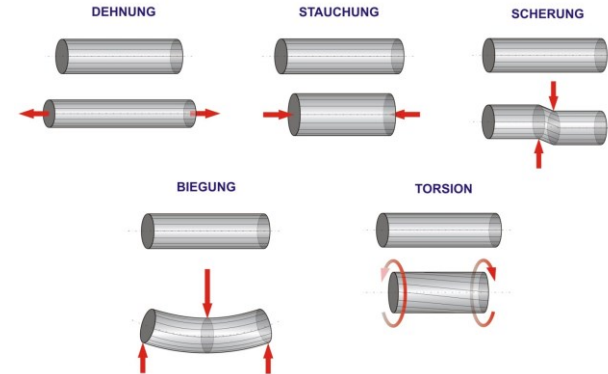
- ❖ Elastische Formänderungen
- ❖ Steifigkeit und ihr Zusammenhang mit der Bindungsenergie
- ❖ Geometrische Faktoren bei der Steifigkeit einer Körpers
- ❖ Elastizität

Kapitel des Lehrbuches:  
14-15

Hausaufgaben:  
4. Kapitel:  
1, 2, 4-6, 9, 11,  
14, 16, 17, 24

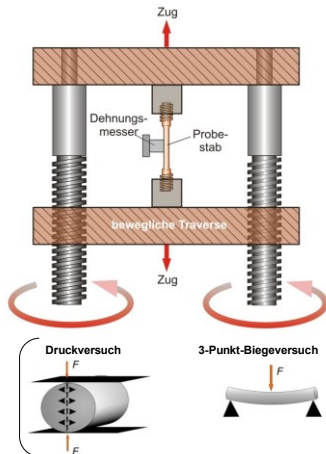
## Deformationen (Verformungen)

Kraftwirkung → Verformung (Deformation)



2

## Test

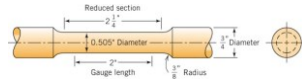


Die Ergebnisse sind beeinflusst durch:

- Deformationstyp (Zug, ...)

- Geometrie des Probekörpers

Genormter Probekörper



- Zeitlicher Verlauf des Beanspruchung

- statisch
- dynamisch

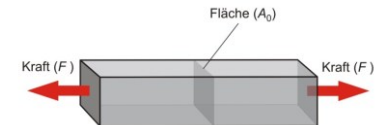
- Temperatur

3

## Zugversuch

Spannung ( $\sigma$ ):

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad [\sigma] = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa}$$



Technische (nominelle) Spannung!

Dehnung/Stauchung ( $\epsilon$ ):

Relative Formänderung → relative Längenänderung:

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

$$[\epsilon] = 1$$

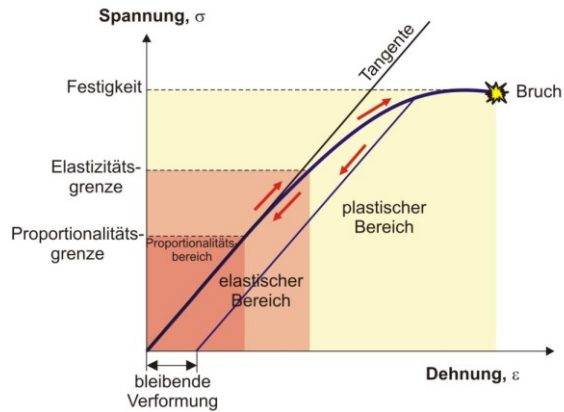
nominelle Dehnung!

Beim Druck/Stauchung: negatives Vorzeichen.

→ Innere Spannungen!

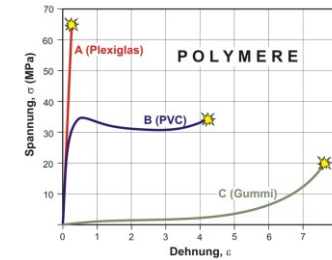
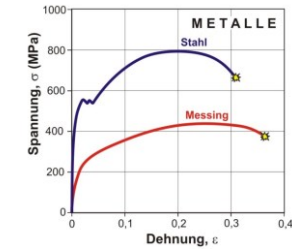
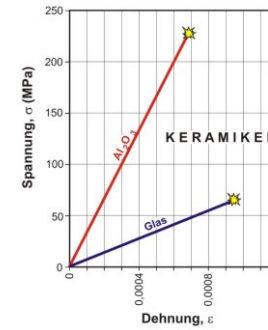
4

## Belastungsdiagramm Spannungs-Dehnungs-Diagramm



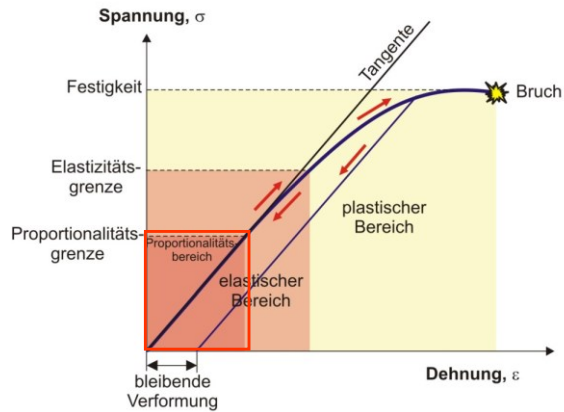
5

### Beispiele:



6

## Belastungsdiagramm



7

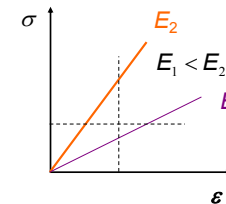
## Elastische Verformung (Proportionalitätsbereich)

### 1. Zug/Druck (Dehnung/Stauchung)

Hookesches Gesetz:  $\sigma = E \cdot \varepsilon$

$E$  — Elastizitätsmodul (Young-Modul)

$[E] = \text{Pa}$

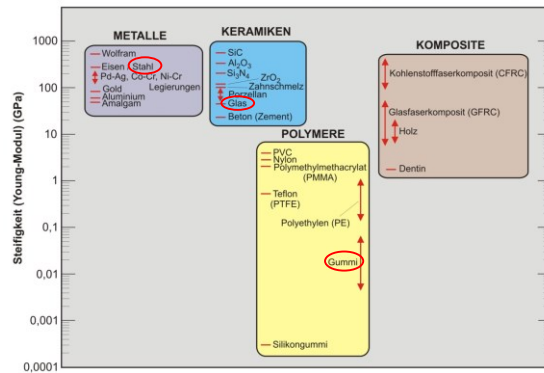


$E$  — Widerstand gegen Verlängerung,  
„Steifigkeit eines Stoffes“

$1/E$  — Fähigkeit für Verlängerung,  
„Nachgiebigkeit eines Stoffes“

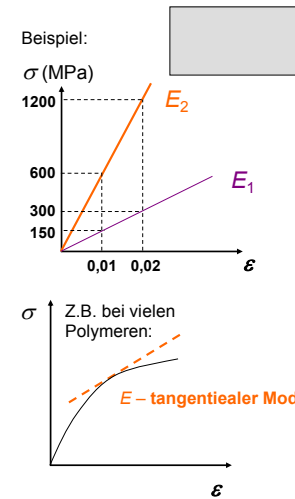
8

## Steifigkeit (Young-Modul)



Aufgrund der Beispiele  $\Rightarrow$  weder  $E$ , noch  $1/E$  sind als Maß der Elastizität geeignet

9

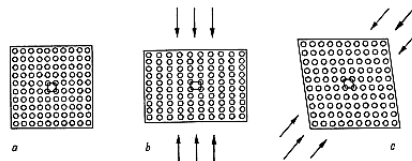


## Einige Steifigkeitswerte:

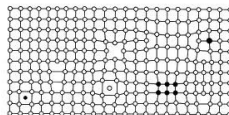
Material	$E$ (GPa)
Zahnschmelz	$\approx 100$
Dentin	$\approx 15$
Stahl	200-230
Amalgam	50-60
Gold	79
Goldlegierungen	75-110
Pd-Ag-Legierungen	100-120
Co-Cr-Legierungen	120-220
Ni-Cr-Legierungen	140-190
Glas	60-90
Keramiken	60-130
Porzellan	60-110
PMMA (Polymethylmethacrylat)	2,4-3,8
Silikon	$\approx 0,0003$

10

## Elastische Verformung auf dem atomaren Niveau



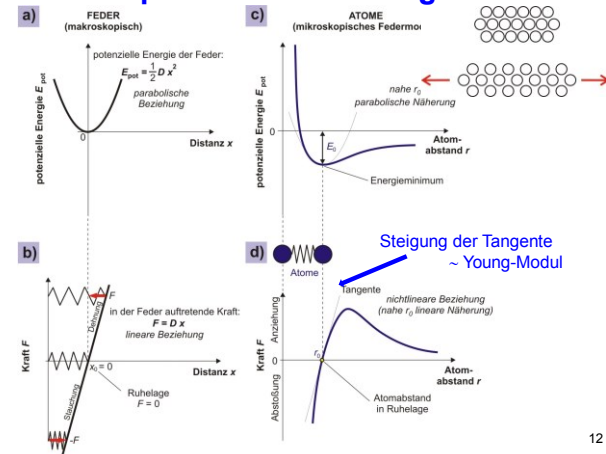
- In dem elastischen Bereich werden die Atome ohne Aufspaltung der Bindungen reversibel voneinander entfernt oder näher gebracht
- Kräfte treten zwischen den Atomen auf  $\Rightarrow$  **innere Spannungen** entwickeln sich



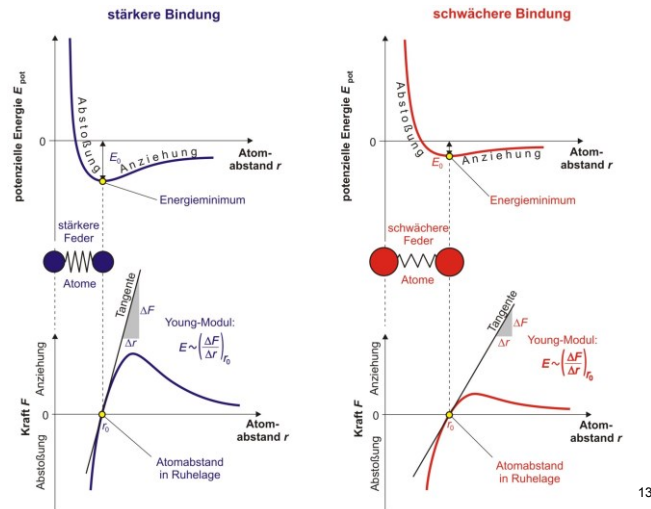
- Gitterdefekte beeinflussen nur wenig diese inneren Änderungen  $\Rightarrow$  Der Young-Modul ( $E$ ) und die Poisson-Zahl ( $\mu$ ) (s. später) sind nicht empfindlich gegen Gitterdefekte

11

## Atomare Interpretation des Young-Moduls



12



13

## Steifigkeit eines Körpers

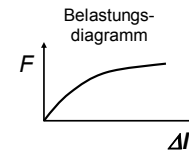


$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

Materialkoeffizient!  
„Steifigkeit des Materials“

$$F = E \cdot \frac{A_0}{l_0} \Delta l = D \Delta l$$

Körpereigenschaft  
(Material + Geometrie)!  
**Steifigkeit**  
(Dehnsteifigkeit)

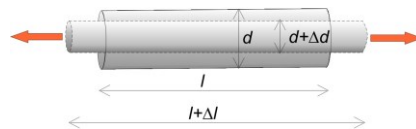


„Steifigkeit des Materials“ : die zur einheitlichen relativen Längenänderung notwendige Spannung

**Steifigkeit**: die zur einheitlichen absoluten Längenänderung notwendige Kraft

14

## Querkontraktion/dehnung:



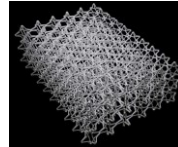
$$\frac{\Delta d}{d} = -\mu \frac{\Delta l}{l} \quad \mu = \text{Poisson-Zahl} \quad [\mu] = 1$$

(Querkontraktionszahl, Querdehnungszahl)

Z.B.

Material	$\mu$
Zahnschmelz	0,33
Dentin	0,31
Amalgam	0,31
PDL	0,45
Polymere	0,40–0,50

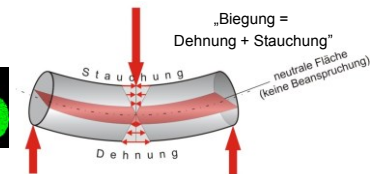
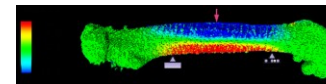
Auxetische Materialien  
(negative Poisson-Zahl):



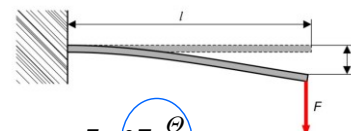
Elastische Formänderungen von homogenen isotropen Materialien sind durch  $E$  und  $\mu$  völlig bestimmt.

15

## 5. Biegung



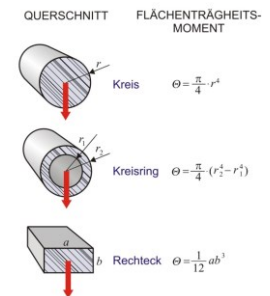
### Abbiegung:



$$F = 3E \cdot \frac{\Theta}{l^3} s$$

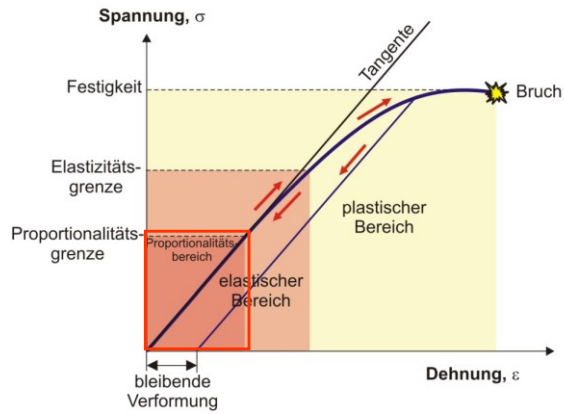
**Biegesteifigkeit**

$\Theta$  — Flächenträgheitsmoment



16

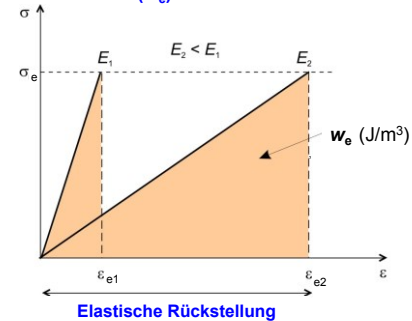
## Belastungsdiagramm



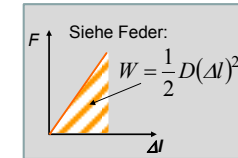
17

## Weitere elastische Kenngrößen

Spezifische elastische Verformungsarbeit;  
*resilience* ( $w_e$ )



Maß der  
Elastizität!



$$W = \frac{1}{2} D (\Delta l)^2$$

$$w_e \approx \frac{1}{2} \sigma_e \epsilon_e =$$

$$= \frac{1}{2} E \epsilon_e^2 = \frac{1}{2E} \sigma_e^2$$

Nächste  
Vorlesung:  
Kapitel  
16

18