

Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialwissenschaft

– 7 –

Mechanische Eigenschaften. Einleitung. Elastisches Verhalten

erarbeitet von: Gergely AGÓCS, Ferenc TÖLGYESI
22. Oktober 2020.

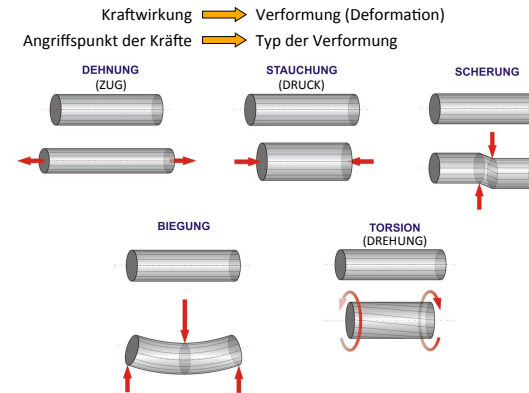
Kapitel des
Lehrbuches:
14, 15

FAFA_DE

7 | Elastisches Verhalten

1

Typen der Verformungen

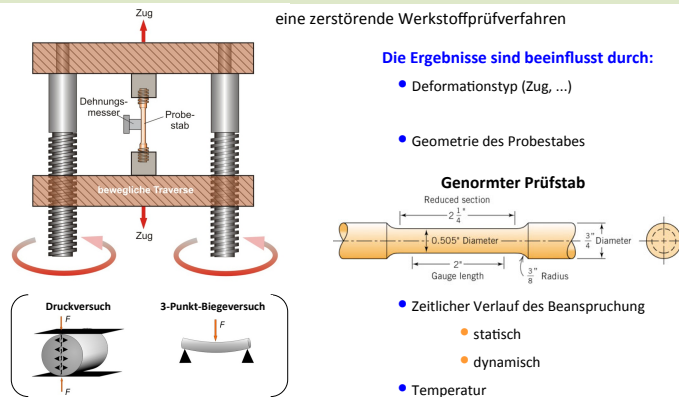


FAFA_DE

7 | Elastisches Verhalten

2

Test: klassischer Zugversuch



FAFA_DE

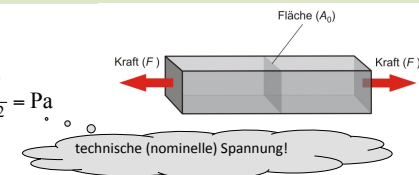
7 | Elastisches Verhalten

3

Zugversuch

Spannung (σ):

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



Dehnung/Stauchung (ε):

Relative Formänderung → relative Längenänderung:

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

$$[\varepsilon] = 1$$

nominelle Dehnung!

Beim Druck/Stauchung: negatives Vorzeichen.

→ Innere Spannungen!

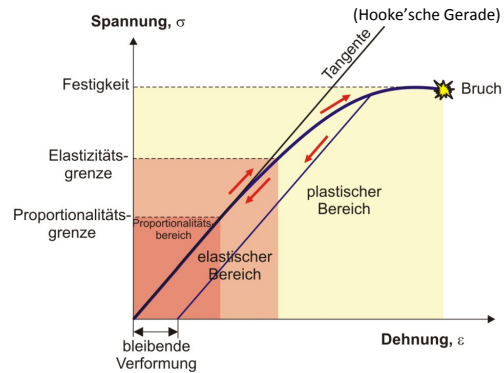
FAFA_DE

7 | Elastisches Verhalten

4

Belastungsdiagramm

auch: Spannungs-Dehnungs-Diagramm

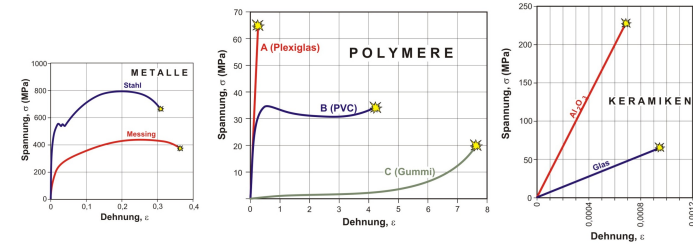


FAFA_DE

7 | Elastisches Verhalten

5

Belastungsdiagramm: Beispiele



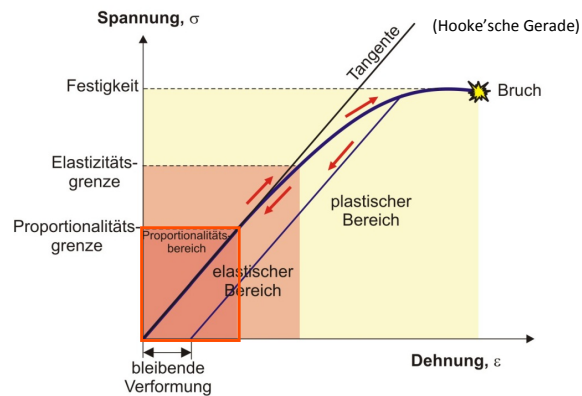
www.youtube.com/watch?v=febkTBNIGg

FAFA_DE

7 | Elastisches Verhalten

6

Proportionalitätsbereich



FAFA_DE

7 | Elastisches Verhalten

7

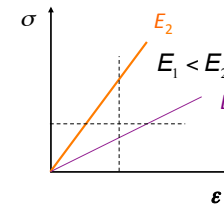
Proportionalitätsbereich

1. Zug/Druck (Dehnung/Stauchung)

Hooke'sches Gesetz: $\sigma = E \cdot \epsilon$

E — Elastizitätsmodul (Young-Modul)

$[E] = \text{Pa}$



E — Widerstand gegen Verlängerung,
„Steifigkeit eines Stoffes“

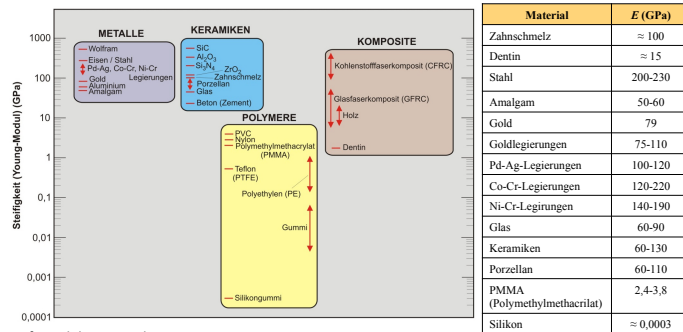
$1/E$ — Fähigkeit für Verlängerung,
„Nachgiebigkeit eines Stoffes“

FAFA_DE

7 | Elastisches Verhalten

8

Steifigkeit (Young-Modul)



Aufgrund der Beispiele \Rightarrow
weder E , noch $1/E$ sind als Maß der Elastizität geeignet.
Vorsicht: Fehler in dem Lehrbuch!

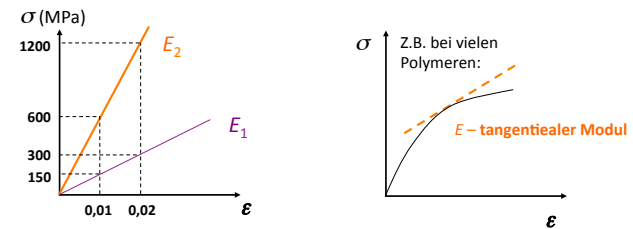
FAFA_DE

7 | Elastisches Verhalten

9

Steifigkeit

Beispiel:

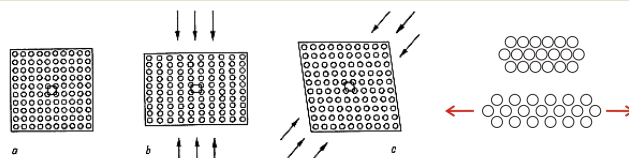


FAFA_DE

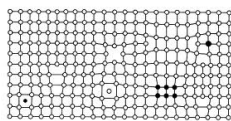
7 | Elastisches Verhalten

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



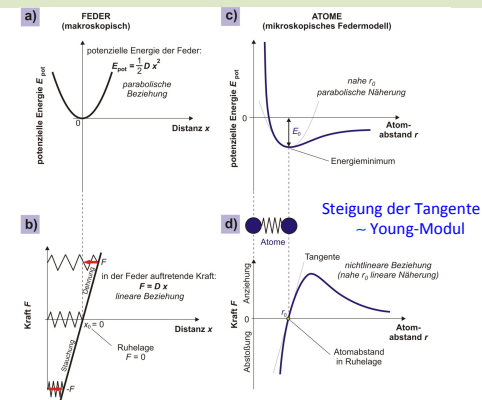
- Gitterdefekte beeinflussen nur wenig diese inneren Änderungen \Rightarrow Der Young-Modul (E) und die Poisson-Zahl (μ) (s. später) sind nicht empfindlich gegen Gitterdefekte

FAFA_DE

7 | Elastisches Verhalten

11

Atomare Interpretation des Young-Moduls

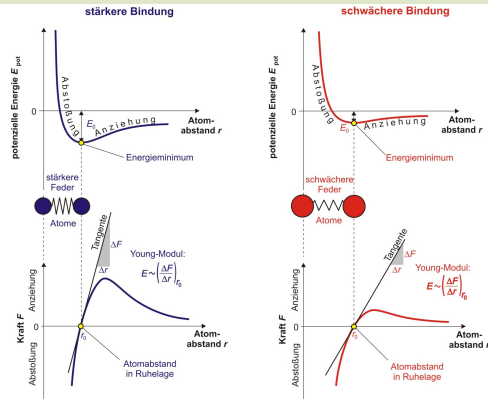


FAFA_DE

7 | Elastisches Verhalten

12

Atomare Interpretation des Young-Moduls

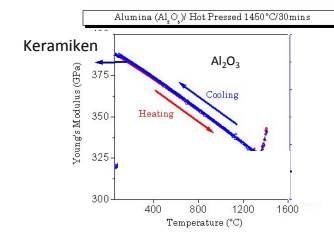
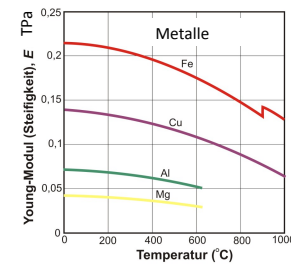


FAFA_DE

7 | Elastisches Verhalten

13

Bei Erwärmung

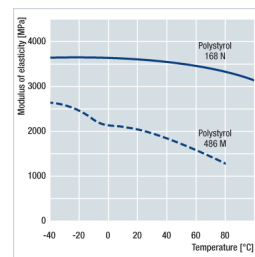
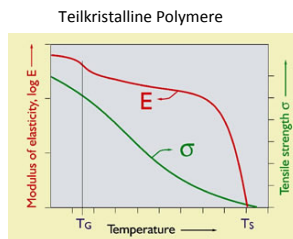


FAFA_DE

7 | Elastisches Verhalten

14

Bei Erwärmung



FAFA_DE

7 | Elastisches Verhalten

15

Steifigkeit eines Körpers

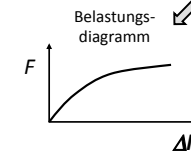


$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

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

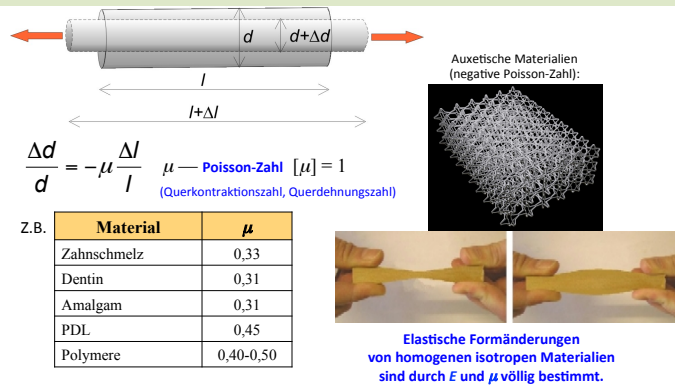
Steifigkeit: die zur einheitlichen absoluten Längenänderung notwendige Kraft

FAFA_DE

7 | Elastisches Verhalten

16

Querkontraktion/dehnung



www.youtube.com/watch?v=X13uCoDJXNk

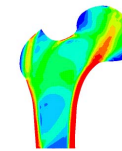
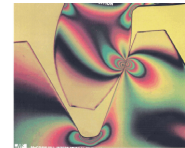
FAFA_DE

7 | Elastisches Verhalten

17

Untersuchung der inneren Spannungen

• experimentell: Spannungsoptik

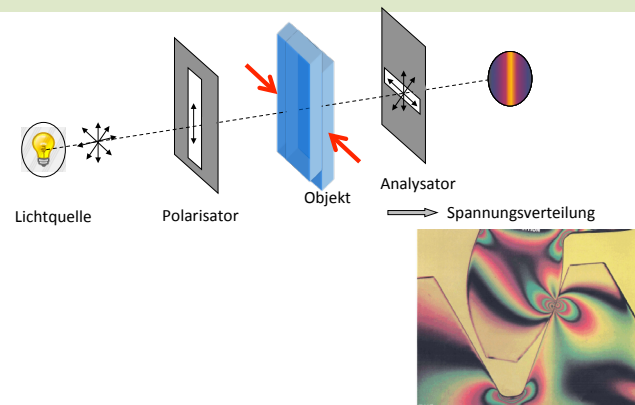


FAFA_DE

7 | Elastisches Verhalten

18

Polariskop

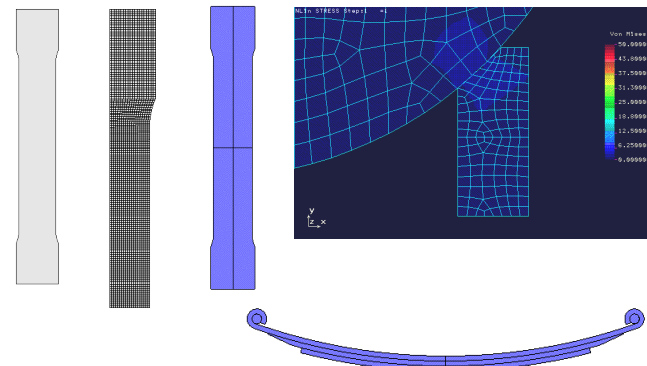


FAFA_DE

7 | Elastisches Verhalten

19

Finite-Elemente-Methode

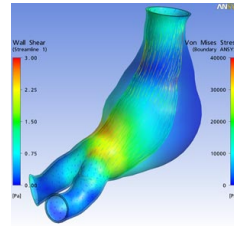
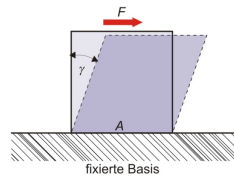


FAFA_DE

7 | Elastisches Verhalten

20

Scherung



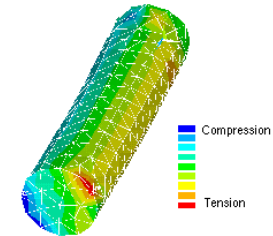
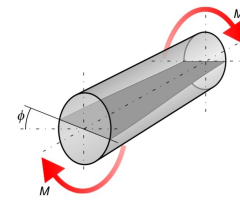
$$\sigma = G\gamma$$

FAFA_DE

7 | Elastisches Verhalten

21

Torsion



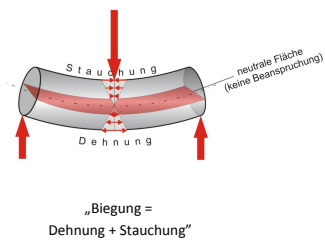
$$M = G \frac{r^4 \pi}{2I} \phi$$

FAFA_DE

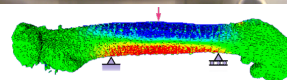
7 | Elastisches Verhalten

22

Biegung



3-Punkt-Biegeversuch

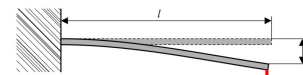


FAFA_DE

7 | Elastisches Verhalten

23

Abbiegung

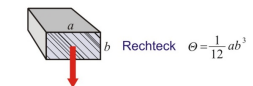


$$F = 3E \cdot \frac{\Theta}{l^3} \cdot s$$

Biegesteifigkeit

 Θ — Flächenträgheitsmoment

QUERSCHNITT FLÄCHENTRÄGHEITSMOMENT

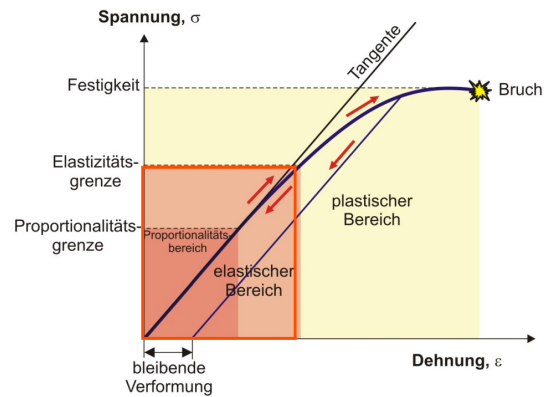


FAFA_DE

7 | Elastisches Verhalten

24

Belastungsdiagramm außerhalb des Proportionalitätsbereiches



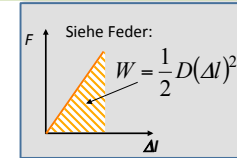
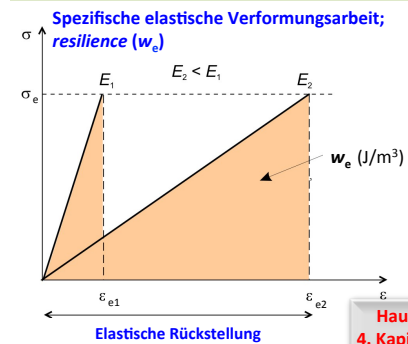
FAFA_DE

7 | Elastisches Verhalten

25

Weitere elastische Kenngrößen

Spezifische elastische Verformungsarbeit;
resilience (w_e)



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

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

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

**Nächste
Vorlesung:**
Kapitel
16-17

FAFA_DE

7 | Elastisches Verhalten

26