

Medizinische Biophysik
Struktur der Materie

3. Vorlesung
19. 09. 2016

Struktur der Materie

3. Vorlesung

19. 09. 2016

II. Aggregatzustände

7. Flüssigkristalle

- a) Makroskopische Beschreibung:
- b) Mikroskopische Beschreibung:
- c) Anwendungen von Flüssigkristallen:
- d) Lyotrope Flüssigkristalle:

III. Eigenschaften der Materialien

1. Einige mechanischen Eigenschaften
 - a) Deformationstypen, Belastungsdiagramm
 - b) Elastische Verformung – Elastizität und Steifigkeit
 - c) Plastische Verformung – Festigkeit und Zähigkeit
2. Elektrische Eigenschaften
3. Thermische Eigenschaften
 - a) Erwärmung/Abkühlung
 - b) Wärmeleitung
 - c) Wärmeausdehnung

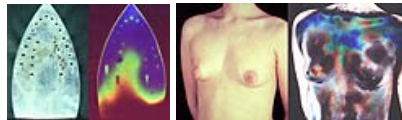
IV. Materialfamilien

1. Metalle
2. Keramiken
3. Polymere
4. Komposite

c) Anwendungen von Flüssigkristallen:

Kontaktthermographie/Plattenthermographie

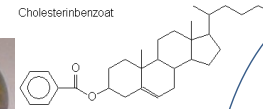
Grundlage: thermo-optisches Phänomen
(bei Temperaturänderungen ändern sich
die optischen Eigenschaften)



7. Flüssigkristalle - Mesophase zw. dem festen und flüssigen Zustand

1883 Reinitzer

Cholesterinbenzoat



smektisch

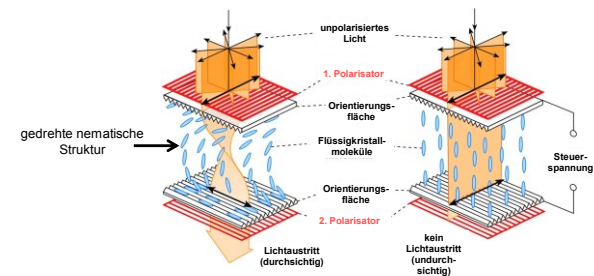
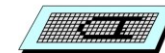
nematisch

cholesterisch

- a) **Makroskopische Beschreibung:**
 - Eigenvolumen aber keine Eigenform
 - Optische Anisotropie
 - Eigenschaften sind empfindlich gegen schwache äußere Einwirkungen
- b) **Mikroskopische Beschreibung:**
 - Teilweise geordnete Strukturen (Orientierung, Schichten)

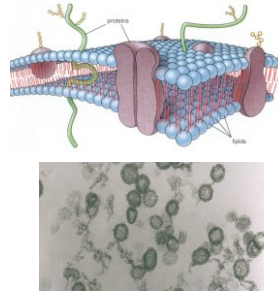
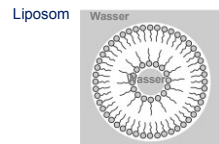
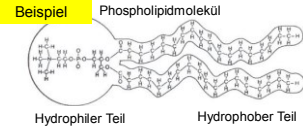
LCD (liquid crystal display)

Grundlage: elektro-optisches Phänomen
(durch elektrisches Feld ändern sich die optischen Eigenschaften)



➡ Erklärung siehe später bei den Wechselwirkungen zwischen Licht und Materie! 4

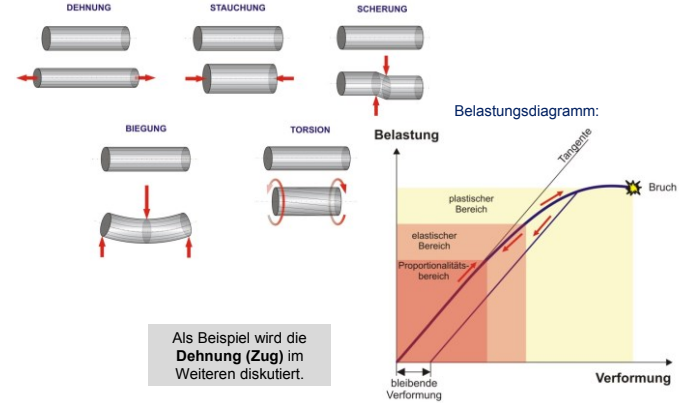
d) Lyotrope Flüssigkristalle:



III. Eigenschaften der Materialien

1. Einige mechanischen Eigenschaften (von festen Stoffen)

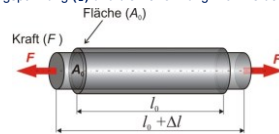
a) Deformationstypen und das Belastungsdiagramm:



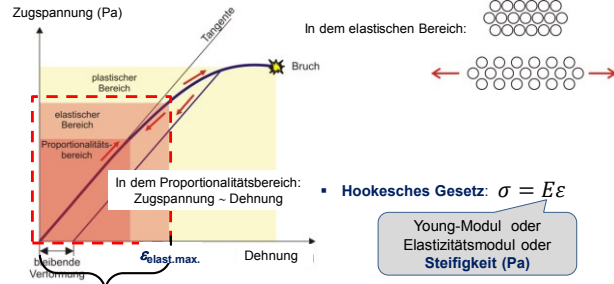
Bei der Dehnung (Zug) wird die Belastung mit Hilfe der Zugspannung (σ) und die Verformung mit Hilfe der Dehnung (ϵ) quantitativ charakterisiert:

▪ **Zugspannung (σ):** $\sigma = \frac{F}{A_0} \left(\frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa} \right)$

▪ **Dehnung (ϵ):** $\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} (\cdot 100\%)$



b) Elastische Verformung – Elastizität und Steifigkeit:



Elastizität ($\epsilon_{\text{elast.max.}}$) oder elastische Rückstellung (%)

Über die Elastizität:

Stoff	$\epsilon_{\text{elast.max.}}$ (%)
Knochen	0,5
Kollagen	10
Elastin	130
Aluminiumoxid	0,1
Titan	2
PMMA (Polymethylmethacrylat)	20
Silikon Gummi	700

Über die Steifigkeit:

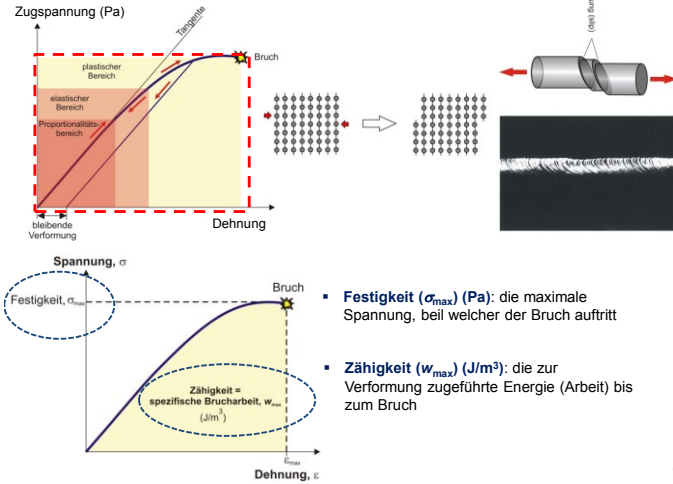
Stoff	E (GPa)
Knochen	10-15
Kollagen	0,3-2,5
Bandscheibe	0,005
Elastin	0,0005
Aluminiumoxid	350-410
Titan	110
PMMA (Polymethylmethacrylat)	2,4-3,8
Silikon Gummi	$\approx 0,0003$

Wovon hängt die Steifigkeit der Materialien ab?

Über das Hookesche Gesetz:



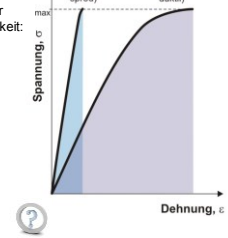
c) Plastische Verformung – Festigkeit und Zähigkeit:



9

Über die Zähigkeit:

Gleiche Festigkeit aber unterschiedliche Zähigkeit:



10

2. Elektrische Eigenschaften

Elektrische Leitfähigkeit (σ) (S/m)

s. Grundschrift

Flüssigkeiten: Leitfähigkeit \sim Ionenkonzentration

Feste Stoffe:

Stoff	σ (S/m)	
Silber	$6,8 \cdot 10^7$	Leiter
Gold	$4,3 \cdot 10^7$	
Platin	$0,94 \cdot 10^7$	
Germanium	2,2	Halbleiter
Silizium	$4 \cdot 10^{-4}$	
Zirkon	$\approx 10^{-10}$	
Porzellan	$\approx 10^{-11}$	Isolator
Glas	$\approx 10^{-13}$	
PMMA	$\approx 10^{-12}$	
Polyethylene	$\approx 10^{-16}$	

s. Bändermodell

Körpergewebe:

Gewebe	σ (mS/m)
Blut	700
graue Hirnmasse	300
weiße Hirnmasse	150
Haut	100
Fett	40
Knochen	10

11

3. Thermische Eigenschaften

a) Erwärmung/Abkühlung

spezifische Wärmekapazität (c)

„Erwärmbarkeit“

Stoff	c (J/(kg·K))
Wasser	4190
Muskelgewebe	3760
Fettgewebe	3000
Körpergewebe (durchschnittlich)	3500
Gold	126
Porzellan	1100
Glas	800

hohe Temperaturstabilisierungsfähigkeit

b) Wärmeleitung

Wärmeleitfähigkeit (λ)

s. im 2. Semester

Stoff	λ (W/(m·K))
Silber	420
Glas	1
Wasser	0,6
Muskel	0,4
Fett	0,2
Luft	0,025

12

c) Wärmeausdehnung

▪ Längenausdehnung:

$$\frac{\Delta l}{l} = \alpha \Delta T$$

Längenänderung
 ursprüngliche Länge
 Temperaturänderung
 linearer Wärmeausdehnungskoeffizient (Längenausdehnungskoeffizient) (1/K)

▪ Volumenausdehnung:

$$\frac{\Delta V}{V} = \beta \Delta T$$

Volumenänderung
 ursprüngliches Volumen
 räumlicher Wärmeausdehnungskoeffizient (Volumenausdehnungskoeffizient) (1/K)

Stoff	$\alpha (10^{-6} 1/K)$
Knochen	= 25
Zahnschmelz	= 11,4
Porzellan	4-16
Glas	= 8
Zirkon	= 11
Titan	8,6
Gold	14,2
Amalgam	= 25
PMMA	70-81
Wachs	300-500

~ 1/Bindungsenergie!

Für die meisten Stoffe gilt annähernd: $\beta \approx 3\alpha$

Optische Eigenschaften: s. später im 1. Semester

Chemische und biologische Eigenschaften: s. andere Kurse

13

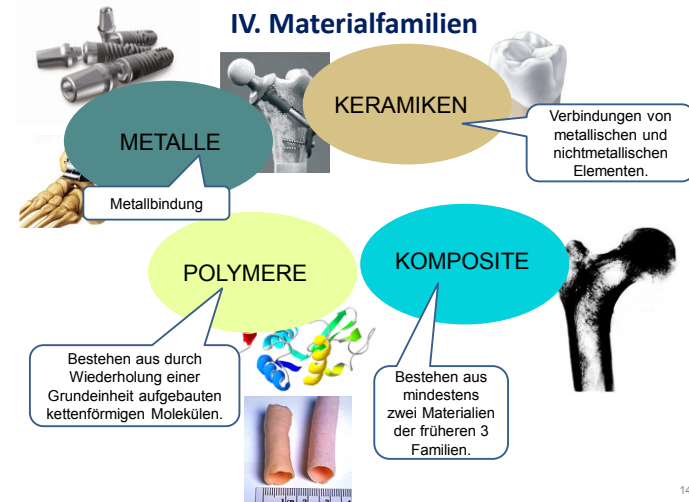
1. Metalle

- Definition: Metallbindung
- Bindungstyp: Metallbindung
- Aggregatzustand bei üblichen Bedingungen: fest (kristallin) mit einigen Ausnahmen (z.B. Hg)
- Herstellung: aus Schmelze
- Struktur: Polykristalle, aber Einkristalle und amorphe Metalle (Metallgläser) auch möglich
- Dichte: groß
- Mechanische Eigenschaften: mittelhohe Steifigkeit, hohe Festigkeit, breiter plastischer Bereich und hohe Zähigkeit
- Elektrische Eigenschaften: hohe elektrische Leitfähigkeit
- Thermische Eigenschaften: mittelhoher Schmelzpunkt, mittelgroßer Wärmeausdehnungskoeffizient, hohe Wärmeleitfähigkeit



15

IV. Materialfamilien



14

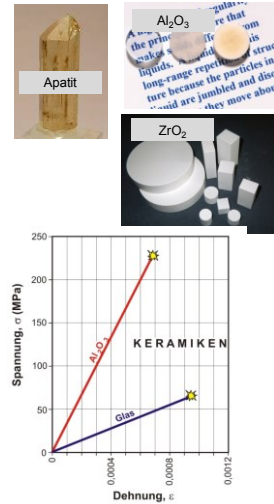
- Beispiele aus der Medizin: Titan, Ni-Ti-Legierungen
- Anwendungsbeispiele: Implantate, Zahnkrone, Brücke, kieferorthopädischer Bogen



16

2. Keramiken

- Definition: Verbindungen von metallischen und nichtmetallischen Elementen
- Bindungstyp: Ionenbindung, weniger auch kovalente Bindung
- Aggregatzustand bei üblichen Bedingungen: fest (kristallin/amorph)
- Herstellung: Sintern oder aus Schmelze
- Struktur: Polykristalle/Einkristalle/amorphe Struktur (Gläser)
- Dichte: mittelgroß
- Mechanische Eigenschaften: hohe Steifigkeit, mittelmäßige Festigkeit, plastischer Bereich fehlt, sehr geringe Zähigkeit, brüchig
- Elektrische Eigenschaften: sehr geringe elektrische Leitfähigkeit (Isolator)
- Thermische Eigenschaften: hoher Schmelzpunkt, geringer Wärmeausdehnungskoeffizient, geringe Wärmeleitfähigkeit



17

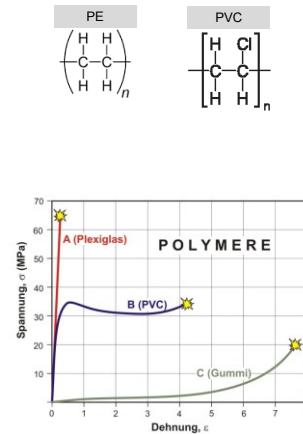
- Beispiele aus der Medizin: Al_2O_3 , Porzellan, Zirkon (ZrO_2), HAP
- Anwendungsbeispiele: Implantate, Zahnkrone, Brücke



18

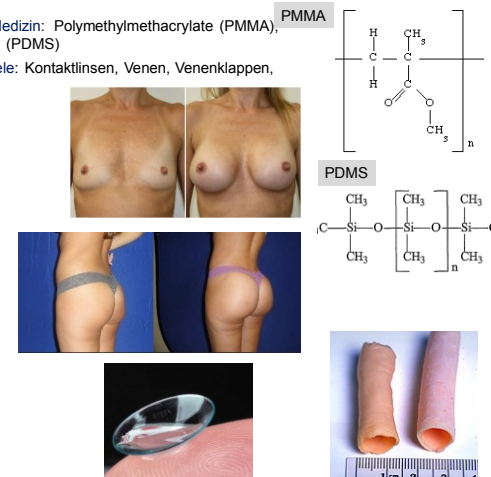
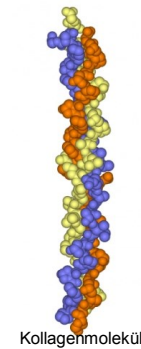
3. Polymere

- Definition: Bestehen aus durch Wiederholung einer Grundeinheit aufgebauten kettenförmigen Molekülen.
- Bindungstyp: kovalente Bindung+sekundäre Bindungen
- Aggregatzustand bei üblichen Bedingungen: flüssig/fest (kristallin/amorph)
- Herstellung: durch Polymerisation aus Monomeren
- Struktur: amorph/teilweise kristallin
- Dichte: klein
- Thermische Eigenschaften: niedriger Schmelzpunkt, mittelmäßiger Wärmeausdehnungskoeffizient, geringe Wärmeleitfähigkeit
- Elektrische Eigenschaften: geringe elektrische Leitfähigkeit (Isolator)
- Mechanische Eigenschaften: kleine Steifigkeit, geringe Festigkeit, breiter elastischer und/oder plastischer Bereich und mittelmäßige/hohe Zähigkeit



19

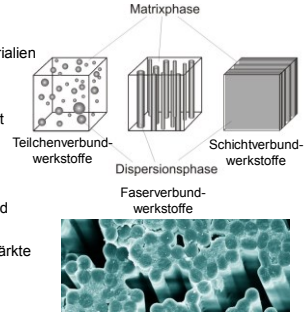
- Beispiele aus der Medizin: Polymethylmethacrylate (PMMA), Polydimethylsiloxan (PDMS)
- Anwendungsbeispiele: Kontaktlinsen, Venen, Venenklappen, Brustimplantate



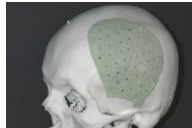
20

4. Komposite (Verbundwerkstoffe)

- Definition: Bestehen aus mindestens zwei Materialien der früheren 3 Familien.
- Bindungstyp: -
- Aggregatzustand bei üblichen Bedingungen: fest (kristallin/amorph)
- Struktur: -
- Dichte: klein/mittelmäßig
- Mechanische Eigenschaften: hohe Festigkeit und Zähigkeit
- Beispiele aus der Medizin: mit Keramiken verstärkte Polymere
- Anwendungsbeispiele: Prothesen, Zahnfüllung



Knochengewebe:
Kollagen + Apatit



21

Hausaufgaben: ■ Neue Aufgabensammlung
1.56, 59, 61-63, 65-72



22