

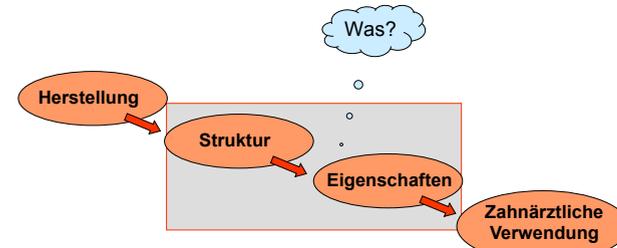


Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

Einführung

Warum?

1



Z.B.:



alle: Al_2O_3 !

2

Woche	Datum	Thema
1	14.09.	Struktur der Materie Atomare Wechselwirkungen, Bindungen. Multiatomare Systeme: Gase, Boltzmann-Verteilung
2	21.09.	Flüssigkeiten, feste Körper, Flüssigkristalle
3	28.09.	Kohäsion, Adhäsion, Grenzflächeneigenschaften. Phase, Phasendiagramm, Phasenumwandlungen
4	05.10.	Strukturuntersuchungsmethoden (Mikroskopie, Diffraktion, Spektroskopie) (Gastvortragende: Dr. Gergely Agócs)
5	12.10.	Materialfamilien: Metalle, Legierungen
6	19.10.	Materialfamilien: Keramiken, Polymere, Komposite
7	26.10.	Eigenschaften der Materialien Mechanische Eigenschaften 1: Elastisches Verhalten
8	02.11.	Mechanische Eigenschaften 2: Plastische Verformung, Bruch, Härte
9	09.11.	Mechanische Eigenschaften 3: Viskoelastisches Verhalten, Materialermüdung, Verschleiß
10	16.11.	Thermische und elektrische Eigenschaften
11	23.11.	Optische Eigenschaften, Vergleichende Zusammenfassung der Eigenschaften
12	30.11.	Biomechanik Struktur und mechanische Eigenschaften von biologischen Geweben
13	07.12.	Biomechanische Grundlagen der Implantologie
14	14.12.	Biomechanische Grundlagen der Kieferorthopädie (Gastvortragende: Dr. Nemes Bálint, Klinik für Kinderzahnheilkunde und Kieferorthopädie)

Wie?

3

Nützliche Infos

- Tölgyesi Ferenc, Dozent (tolgyesi.ferenc@med.semmelweis-univ.hu)
- Institut für Biophysik und Strahlenbiologie Webseite: <http://biofiz.semmelweis.hu>
- Tölgyesi, Derka, Módos: Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde, elektronisches Lehrbuch (erreichbar auf der Webseite des Instituts)
- Weitere Literatur:
 - W.D. Callister: Materials Science and Engineering. An Introduction (7th ed.), Wiley&Sons, 2007
 - K.J. Anusavice: Phillips' Science of Dental Materials (11th ed.), Saunders, 2003
 - Damjanovich, Fidy, Szöllösi: Medizinische Biophysik, Medicina 2008
- 2 Zwischenprüfungen
- Konsultationen
- Prüfungsform: Kolloquium (mündlich); Prüfungsstoff: Skripte + Lehrbuch

Note:



Ab 45 Punkte: 2 Ab 55 Punkte: 3 Ab 65 Punkte: 4 Ab 75 Punkte: 5 😊

4

Woche	Datum	Thema
1. Test	1	14.09. Struktur der Materie Atomare Wechselwirkungen, Bindungen, Multiatomare Systeme: Gase, Boltzmann-Verteilung
	2	21.09. Flüssigkeiten, feste Körper, Flüssigkristalle
	3	28.09. Kohäsion, Adhäsion, Grenzflächenscheinungen, Phase, Phasendiagramm, Phasenumwandlungen
	4	05.10. Strukturuntersuchungsmethoden (Mikroskopie, Diffraction, Spektroskopie) (Gastvortragende: Dr. Gergely Agócs)
	5	12.10. Materialfamilien: Metalle, Legierungen
	6	19.10. Materialfamilien: Keramiken, Polymere, Composite
2. Test	7	26.10. Eigenschaften der Materialien Mechanische Eigenschaften 1: Elastisches Verhalten
	8	02.11. Mechanische Eigenschaften 2: Plastische Verformung, Bruch, Härte
	9	09.11. Mechanische Eigenschaften 3: Viskoelastisches Verhalten, Materialermüdung, Verschleiß
	10	16.11. Thermische und elektrische Eigenschaften
	11	23.11. Optische Eigenschaften, Vergleichende Zusammenfassung der Eigenschaften
	12	30.11. Biomechanik Struktur und mechanische Eigenschaften von biologischen Geweben
	13	07.12. Biomechanische Grundlagen der Implantologie
	14	14.12. Biomechanische Grundlagen der Kieferorthopädie (Gastvortragende: Dr. Nemes Bálint, Klinik für Kinderzahnheilkunde und Kieferorthopädie)



5



Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

1.

Struktur der Materie

Atomare Wechselwirkungen, Multiatomare Systeme - Gase

Schwerpunkte:

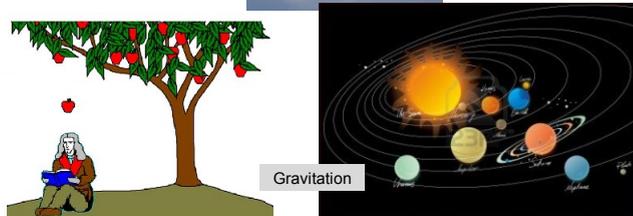
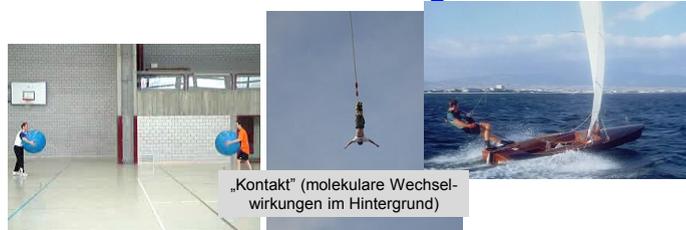
- ❖ Wechselwirkungen und ihre Bedeutung
- ❖ Energiekurve der atomaren und molekularen W.w.
- ❖ Kinetische Deutung der Temperatur
- ❖ Boltzmann-Verteilung

Kapitel des Lehrbuches:
1, 2, 3

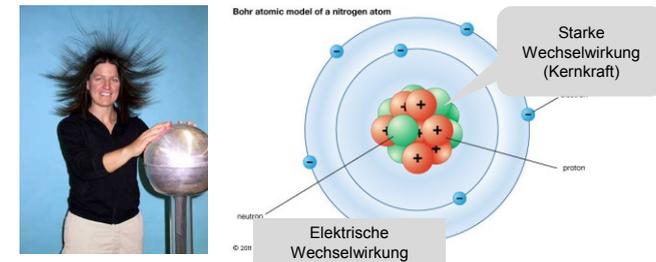
Aufgaben:
1. Abschnitt:
1, 3, 9, 10, 13, 17, 19

6

Wechselwirkungen



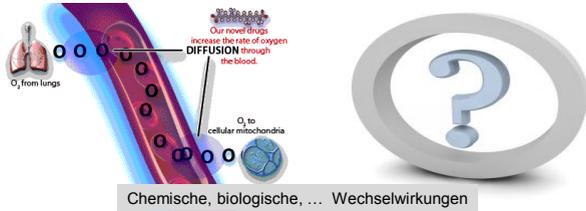
7



8



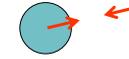
Thermische Wechselwirkung (Wärme)



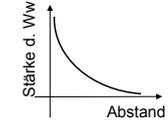
Chemische, biologische, ... Wechselwirkungen

Beschreibung der Wechselwirkungen:

□ Symmetrie!



□ Bei fernwirkenden Ww: Abklingen mit wachsendem Abstand



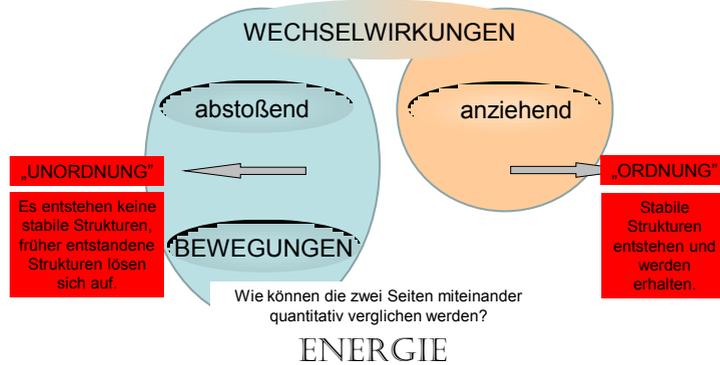
□ Größen und Gesetze:

- Kraft, die newtonschen Gesetze und Beispiele für Kraftgesetze
- Arbeit und Energie
- Energieerhaltung
- Leistung
- Druck

KRAFT ENERGIE

Vorkenntnisse (s. Skript „Physikalische Grundkenntnisse“ Kapitel 4-6)

Allgemeine Prinzipien des Aufbaus von Körpern



„UNORDNUNG“
Es entstehen keine stabile Strukturen, früher entstandene Strukturen lösen sich auf.

„ORDNUNG“
Stabile Strukturen entstehen und werden erhalten.

Wie können die zwei Seiten miteinander quantitativ verglichen werden?

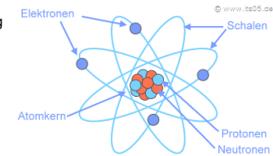
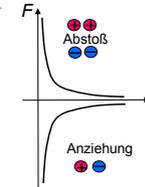
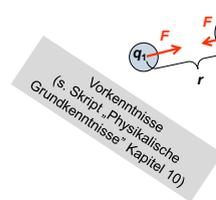
ENERGIE

Wechselwirkungsenergie
Bewegungsenergie

Wechselwirkungsenergie 11

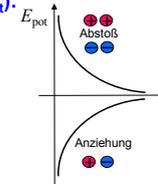
Elektrische Wechselwirkung

Coulomb-Gesetz: $F_{el} = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$



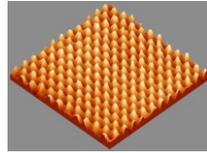
elektrische potenzielle Energie (E_{pot}):

$$E_{pot} = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r}$$

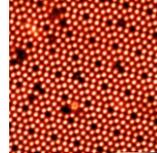


Atomarer Aufbau der Materie

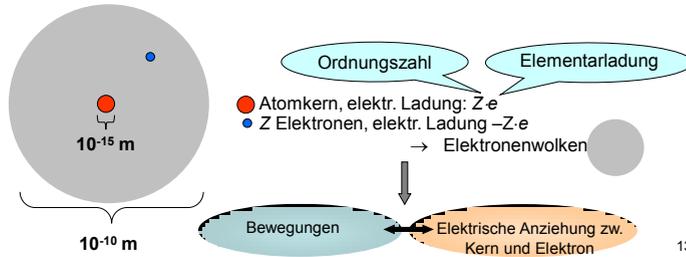
- Demokritos 5. Jht v. Chr.
- Daltonsches Gesetz 1803
- Moderne Mikroskope:



Graphit

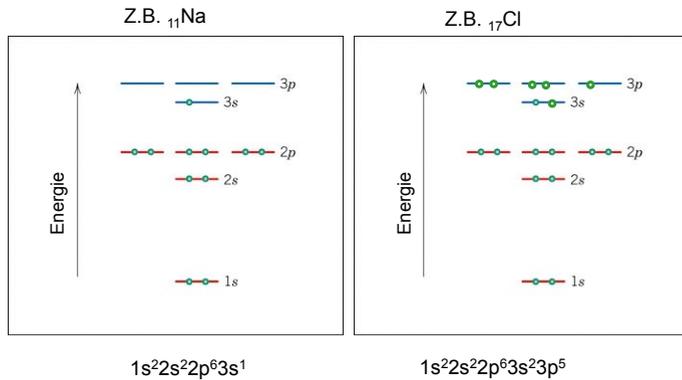


Si Kristall mit Defekten



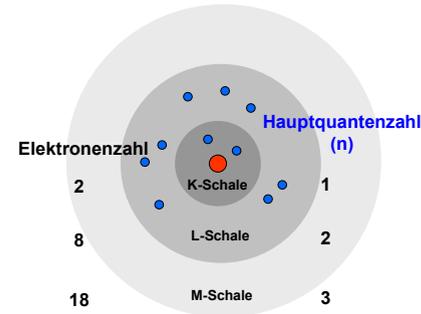
13

Elektronenkonfiguration:

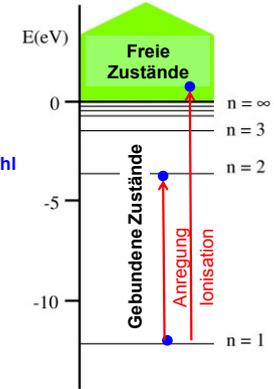


15

- Energieminimum
- Diskrete Energiezustände
- Pauli-Prinzip



Eine „neue“ Maßeinheit:
Elektronenvolt (eV), es gilt
1 eV = 1,6 · 10⁻¹⁹ J

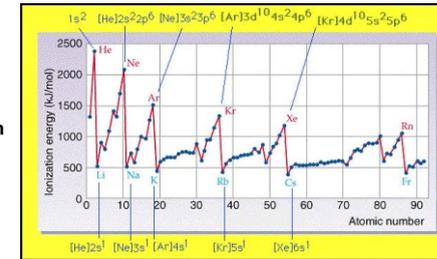


14

Elektronegativität

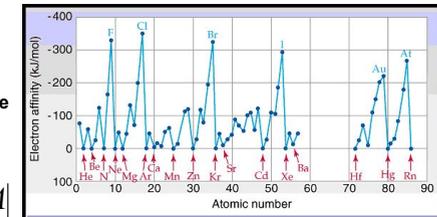
Ionisationsenergie (I):

Zur Entfernung des äußersten Elektrons benötigte Energie (eV/Atom; kJ/mol)



Elektronaffinität (A):

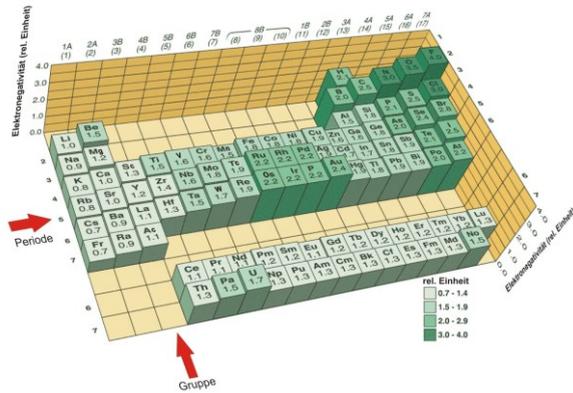
Bei der Aufnahme eines Elektrons freigesetzte Energie (eV/Atom; kJ/mol)



$$\text{Elektronegativität} = |I| + |A|$$

16

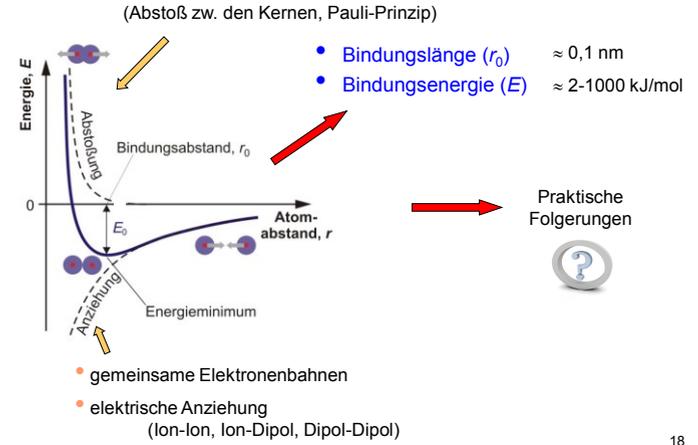
Pauling-Skala:



Siehe www.ptable.com

17

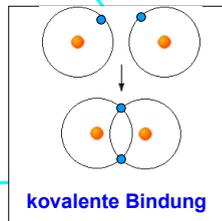
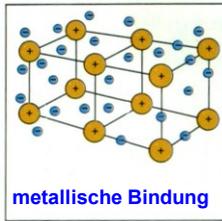
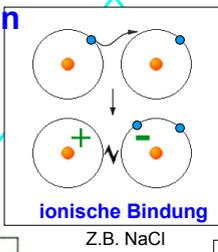
Atomare Wechselwirkungen



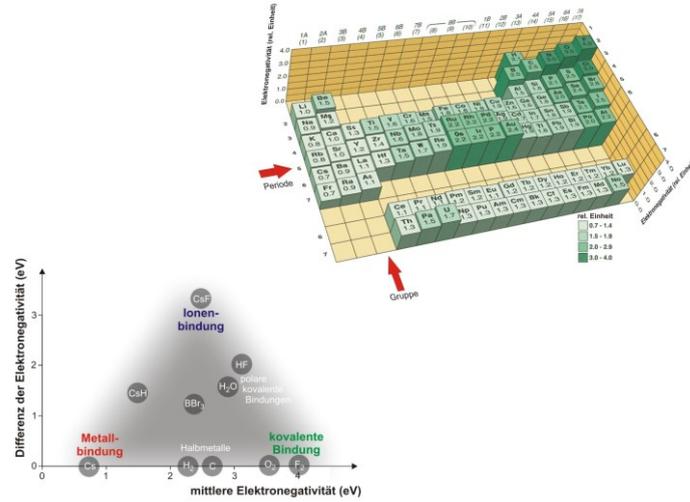
18

Bindungstypen

- primäre $\approx 100 \text{ kJ/mol}$
 - kovalente
 - metallische
 - ionische



19

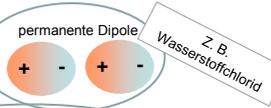


20

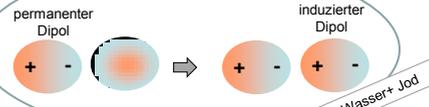
- sekundäre (schwache) ≈ 10 kJ/mol

— van der Waals - Dipol-Dipol

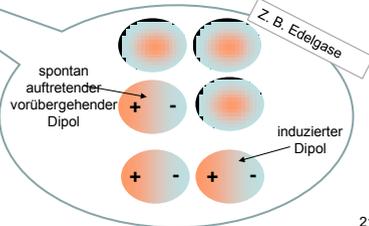
- Orientierung



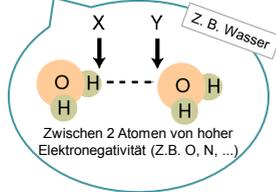
- Induktion



- Dispersion



— H-Brückenbindung



21

Das Thema ist in dem Lehrbuch nicht zu finden!

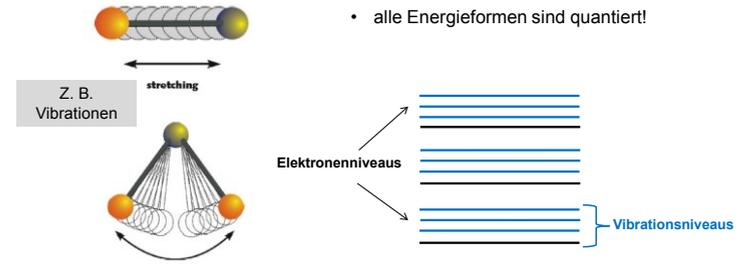
Energiezustände in Molekülen

$$E_{\text{Molekül}} = E_{\text{Elektron}} + E_{\text{Vibration}} + E_{\text{Rotation}}$$

≈ 1 eV

$\approx 0,1$ eV

$\approx 0,01$ eV

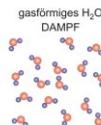
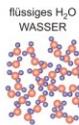


- alle Energieformen sind quantiert!

(Rotationsniveaus sind nicht gezeigt.) 22

Aggregatzustände

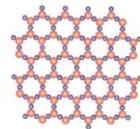
	T →		
	Fest	Flüssig	Gasförmig
Eigenvolumen	+	+	-
Eigenform	+	-	-



Dichte (ρ):

$$\rho = \frac{m}{V} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

festes H₂O
EIS

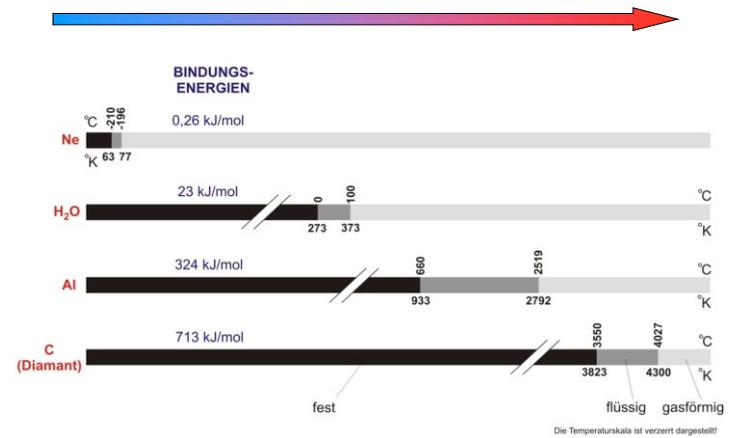


Spezifisches Volumen (v):

$$v = \frac{1}{\rho} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right)$$

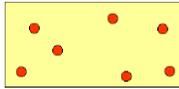
23

Anziehende Ww ↔ Abstoßende Ww + Bewegungen



24

Gase



Makroskopische Beschreibung:

- Kein Eigenvolumen und keine Eigenform
- Isotrop
- Messbare Größen:

Druck, Volumen, Stoffmenge, p, V, ν, T , Temperatur

$$pV = \nu RT$$

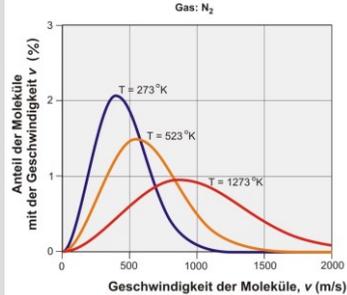
(für ideale Gase)

Mikroskopische Beschreibung:

- Ungeordnet
- Starke und fast freie Bewegung

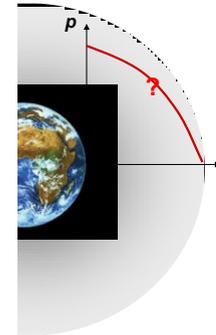
$$\frac{1}{2} m \overline{v^2} = \frac{3}{2} kT$$

Maxwell-Boltzmann-Verteilung



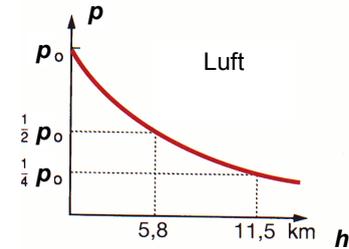
25

Gas im Gravitationsfeld – barometrische Höhenformel:



Im thermischen Gleichgewicht:

$$p = p_0 \cdot e^{-\frac{mgh}{kT}}$$



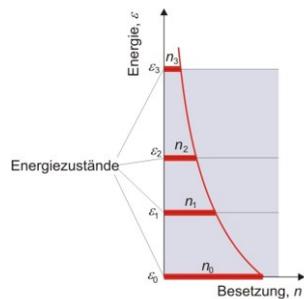
26

Boltzmann-Verteilung im Allgemeinen

Die Verteilung der Teilchen auf die Energiezustände im thermischen Gleichgewicht ($T = \text{konstant}$):

$$\left. \begin{array}{l} n_1 \\ \dots \\ n_0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \varepsilon_1 \\ \dots \\ \varepsilon_0 \end{array} \Delta \varepsilon$$

$$n_i = n_0 \cdot e^{-\frac{\varepsilon_i - \varepsilon_0}{kT}}$$



$$\left(\begin{array}{l} n_i = n_0 \cdot e^{-\frac{\Delta \varepsilon}{kT}} = n_0 \cdot e^{-\frac{\Delta E}{RT}} \\ \Delta E = \Delta \varepsilon \cdot N_A \\ R = k \cdot N_A \end{array} \right)$$

27

Anwendungen der Boltzmann-Verteilung:

- Barometrische Höhenformel
- Thermische Elektronenemission von Metallen
- Konzentrationselemente, Nernst-Gleichung
- Chemische Reaktionen (Geschwindigkeits- und Gleichgewichtskonstante)
- Konzentration von thermischen Punktdefekten (in Kristallen und Makromolekülen)
- Elektrische Leitfähigkeit von Halbleitern
- ...

Nächste Vorlesung:
Kapitel 4 und 5

28