

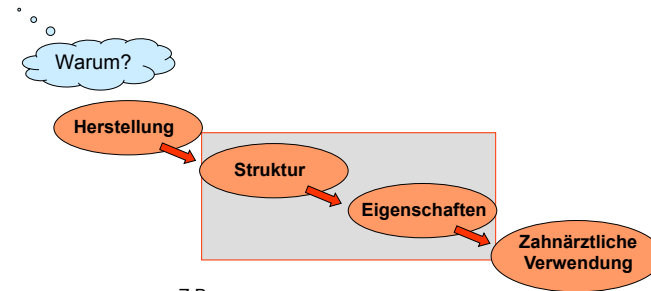


## Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

1.

### Einführung

1



Z.B.:



alle:  $\text{Al}_2\text{O}_3$  !

2

Woche	Datum	Thema
1	13.09.	<b>Struktur der Materie</b> Atomare Wechselwirkungen, Bindungen. Multiatomare Systeme: Gase, Boltzmann-Verteilung
2	20.09.	Flüssigkeiten, feste Körper, Flüssigkristalle
3	27.09.	Kohäsion, Adhäsion, Grenzflächenerscheinungen. Phase, Phasendiagramm, Phasenumwandlungen
4	04.10.	Strukturuntersuchungsmethoden (Mikroskopie, Diffraction, Spektroskopie)
5	11.10.	Metalle, Legierungen, Keramiken, Polymere, Composite
6	18.10.	<b>Eigenschaften der Materialien</b> Mechanische Eigenschaften 1: Elastisches Verhalten
7	25.10.	Mechanische Eigenschaften 2: Plastische Verformung, Bruch, Härte
8	01.11.	----- (Feiertag)
9	08.11.	Mechanische Eigenschaften 3: Viskoelastisches Verhalten, Materialermüdung, Verschleiß
10	15.11.	Thermische und elektrische Eigenschaften
11	22.11.	Optische Eigenschaften. Vergleichende Zusammenfassung der Eigenschaften
12	29.11.	<b>Biomechanik</b> Struktur und mechanische Eigenschaften von biologischen Geweben
13	06.12.	Biomechanische Grundlagen der Implantologie
14	13.12.	Biomechanische Grundlagen der Kieferorthopädie (Gastvortragende: Dr. Nemes Bálint, Klinik für Kinderzahnheilkunde und Kieferorthopädie)

Wie?

3

"Sage es mir, und ich vergesse es; zeige es mir, und ich erinnere mich; lass es mich tun, und ich verstehe es."

(Konfuzius)



The most exciting phrase to hear in science, the one that heralds new discoveries, is not 'Eureka!' (I found it!), but 'That's funny...'

(Isaac Asimov)

4

## Nützliche Infos

- Tölgyesi Ferenc, Dozent ([ferenc.tolgyesi@eok.sote.hu](mailto:ferenc.tolgyesi@eok.sote.hu))  
Institut für Biophysik und Strahlenbiologie
- Webseite: <http://biofiz.sote.hu>
- Tölgyesi, Derka, Módos: Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde, elektronisches Lehrbuch, [www.tankonyvtar.hu](http://www.tankonyvtar.hu)
- 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:
  - 19. Oktober (Freitag) 13:00-14:00, EOK Békésy Hörsaal
  - 07. Dezember (Freitag) 13:00-14:00, EOK Békésy Hörsaal
- Konsultationen:
  - 18. Oktober (Donnerstag) 16:00-17:30, EOK Beznák Hörsaal
  - 06. Dezember (Donnerstag) 17:00-18:30, EOK Beznák Hörsaal
- Prüfungsform: Kolloquium (mündlich); Prüfungstoff: Skripte + Lehrbuch

Note:

$$\begin{array}{c} \text{1. Test} \\ \text{20 Punkte} \end{array} + \begin{array}{c} \text{2. Test} \\ \text{20 Punkte} \end{array} + \begin{array}{c} \text{Kolloquium} \\ \text{50 Punkte} \\ \text{Min. 20 Punkte!!} \end{array} = \begin{array}{c} \text{insgesamt} \\ \text{90 Punkte} \end{array}$$

Ab 40 Punkte: 2 Ab 55 Punkte: 3 Ab 70 Punkte: 4 Ab 80 Punkte: 5 😊 5



## Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

### 1.

#### Struktur der Materie

Atomare Wechselwirkungen. Multiatomare Systeme - Gase

7

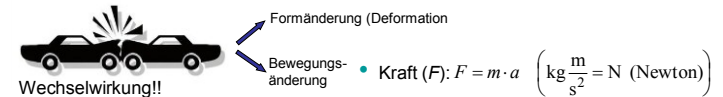
Woche	Datum	Thema
1	13.09.	<b>Struktur der Materie</b> Atomare Wechselwirkungen, Bindungen. Multiatomare Systeme: Gase, Boltzmann-Verteilung
2	20.09.	Flüssigkeiten, feste Körper, Flüssigkristalle
3	27.09.	Kohäsion, Adhäsion, Grenzflächenerscheinungen. Phase, Phasendiagramm, Phasenumwandlungen
4	04.10.	Strukturuntersuchungsmethoden (Mikroskopie, Diffraction, Spektroskopie)
5	11.10.	Metalle, Legierungen, Keramiken, Polymere, Komposite
6	18.10.	<b>Eigenschaften der Materialien</b> Mechanische Eigenschaften 1: Elastisches Verhalten
7	25.10.	Mechanische Eigenschaften 2: Plastische Verformung, Bruch, Härte
8	01.11.	----- (Feiertag)
9	08.11.	Mechanische Eigenschaften 3: Viskoelastisches Verhalten, Materialermüdung, Verschleiß
10	15.11.	Thermische und elektrische Eigenschaften
11	22.11.	Optische Eigenschaften. Vergleichende Zusammenfassung der Eigenschaften
12	29.11.	<b>Biomechanik</b> Struktur und mechanische Eigenschaften von biologischen Geweben
13	06.12.	Biomechanische Grundlagen der Implantologie
14	13.12.	Biomechanische Grundlagen der Kieferorthopädie (Gastvortragende: Dr. Nemes Bálint, Klinik für Kinderzahnheilkunde und Kieferorthopädie)

1. test

2. test

6

## Wiederholung

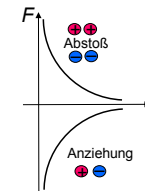
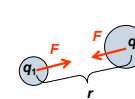


Kraft ( $F$ ):  $F = m \cdot a$   $\left( \text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \text{N (Newton)} \right)$

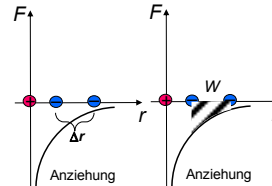
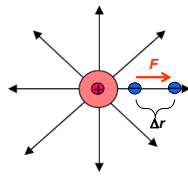
• 2. newtonsches Gesetz (Grundgleichung der Mech.):  $\sum F_i = m \cdot a$   $F \Rightarrow a$

• Kraftgesetze:

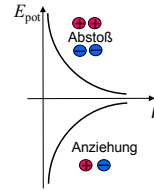
- Gravitationsgesetz  $F = \gamma \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$
- Coulomb-Gesetz  $F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$



8

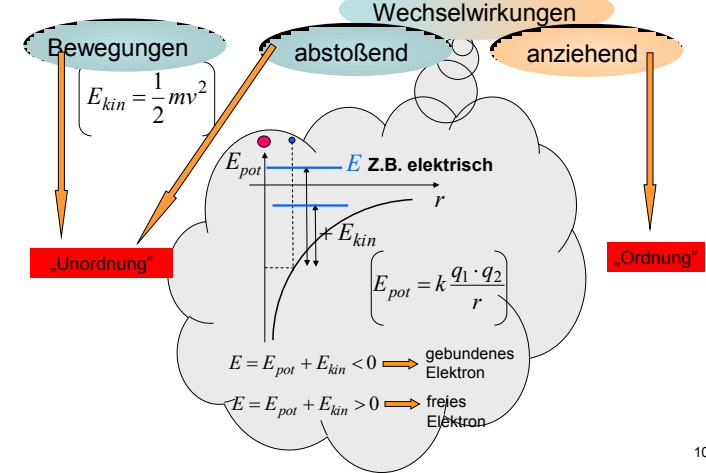


- Arbeit(W):  $W = F \cdot \Delta r$  (Nm = J (Joule)) [Da hier  $F$  nicht konstant ist:  $W = \int F dr$ ]
- Energie(E): die im System gespeicherte Arbeit( J)
- elektrische potenzielle Energie ( $E_{pot}$ ):  $E_{pot} = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r}$
- Bewegungs- (kinetische) Energie ( $E_{kin}$ ):  $E_{kin} = \frac{1}{2} mv^2$
- Lage- (potenzielle) Energie( $E_{pot}$ ):  $E_{pot} = mgh$



9

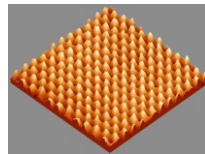
## Allgemeine Prinzipien



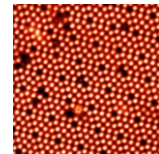
10

## Atomarer Aufbau der Materie

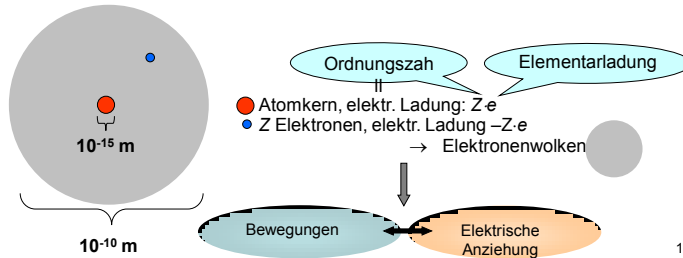
- Demokritos 5.Jht v.Chr.
- Daltonsches Gesetz 1803
- Moderne Mikroskope:



Graphit



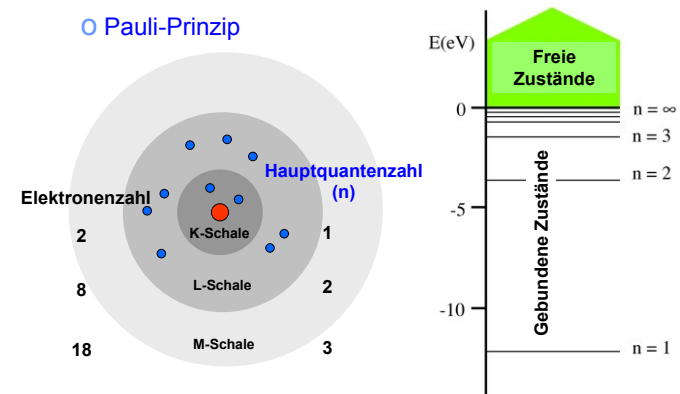
Si Kristall mit Defekten



11

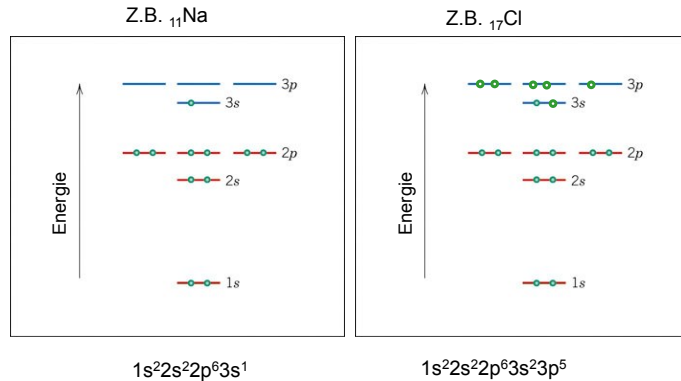
- Energieminimum
- Diskrete Energiezustände
- Pauli-Prinzip

Eine „neue“ Maßeinheit:  
Elektronenvolt (eV), es gilt  
 $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$



12

## Elektronenkonfiguration:

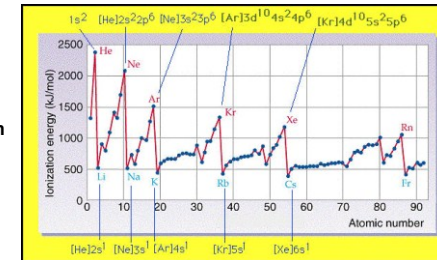


13

## Elektronegativität

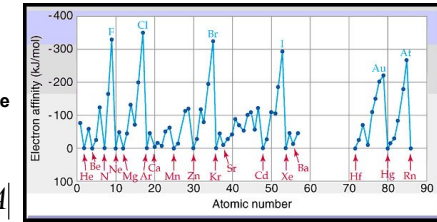
### Ionisationsenergie (I):

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



### Elektronaffinität (A):

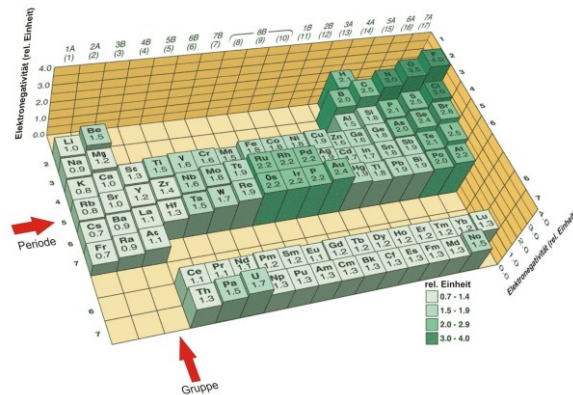
Bei der Aufnahme eines Elektrons freigesetzte Energie (eV/Atom; kJ/mol)



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

14

## Pauling-Skala:

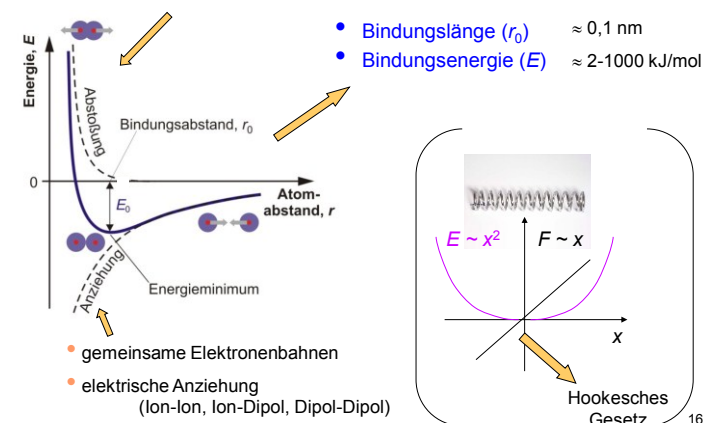


Siehe [www.ptable.com](http://www.ptable.com)

15

## Atomare Wechselwirkungen

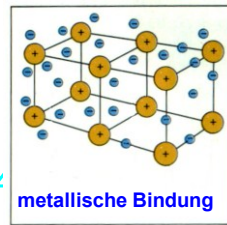
(Abstoß zw. den Kernen, Pauli-Prinzip)



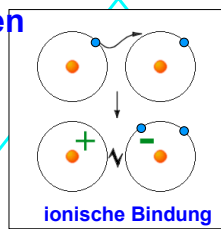
16

## Bindungstypen

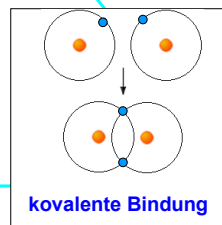
- primäre  
 $\approx 100 \text{ kJ/mol}$ 
  - kovalente
  - metallische
  - ionische



Z.B. Na

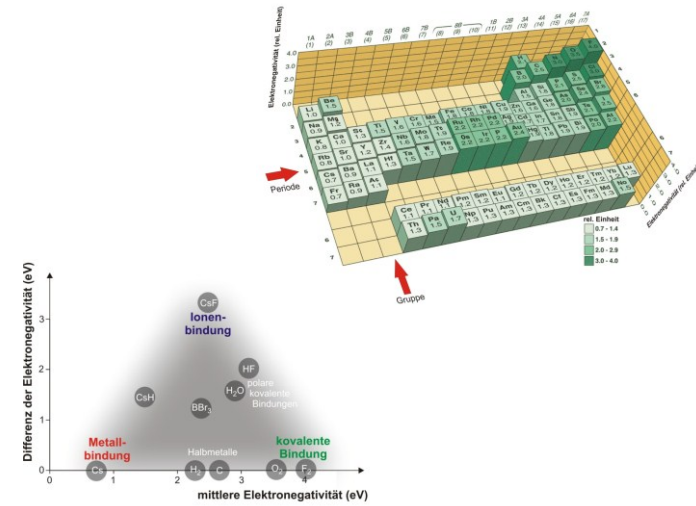


Z.B. NaCl



Z.B.  $\text{H}_2$

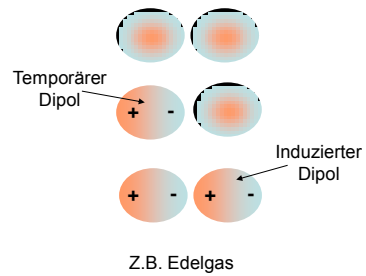
17



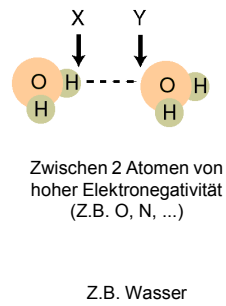
18

- sekundäre  $\approx 10 \text{ kJ/mol}$ 
  - van der Waals (Orientierung, Induktion, Dispersion)
  - H-Brückenbindung

### van der Waals Bindung (Dispersionskräfte)



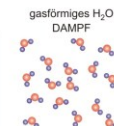
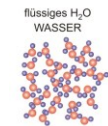
### H-Brückenbindung



19

## Aggregatzustände

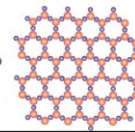
	T →		
	Fest	Flüssig	Gasförmig
Eigenvolumen	+	+	-
Eigenform	+	-	-



### Dichte ( $\rho$ ):

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

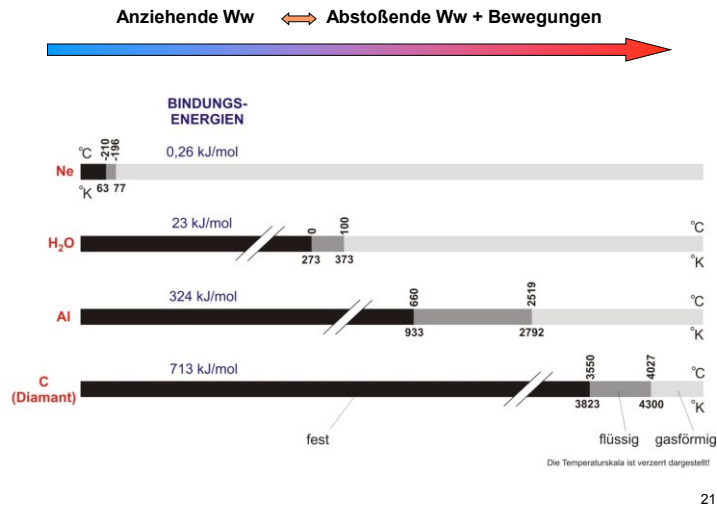
festes  $\text{H}_2\text{O}$   
EIS



### Spezifisches Volumen ( $v$ ):

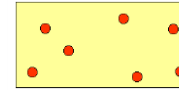
$$v = \frac{1}{\rho} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right)$$

←→



21

## Gase



### Makroskopische Beschreibung:

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

Druck, Volumen, Stoffmenge,  $p, V, v, T$

$$pV = \nu RT$$

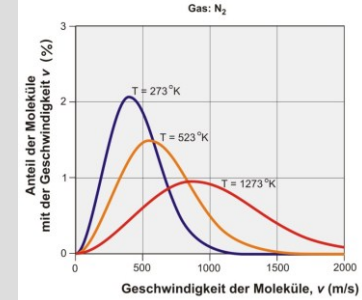
(für ideale Gase)

### Mikroskopische Beschreibung:

- Ungeordnet
- Starke und fast freie Bewegung

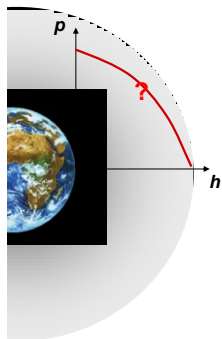
$$\frac{1}{2} m \overline{v^2} = \frac{3}{2} kT$$

### Maxwell-Boltzmann-Verteilung



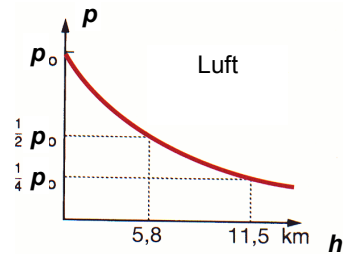
22

## Gas im Gravitationsfeld – barometrische Höhenformel:

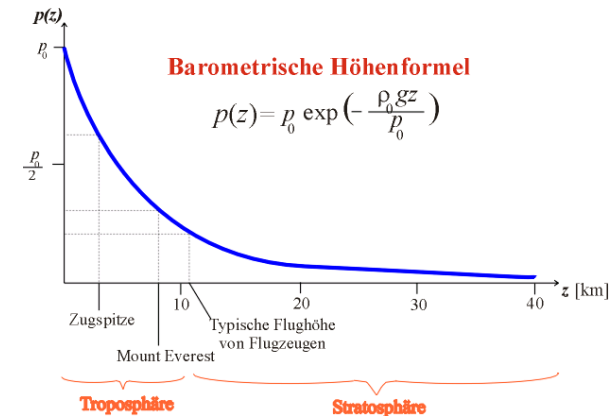


Im thermischen Gleichgewicht:

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



23

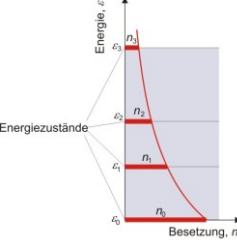


24

## Boltzmann-Verteilung im Allgemeinen

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

$$n_i = n_0 \cdot e^{-\frac{\varepsilon_i - \varepsilon_0}{kT}} = n_0 \cdot e^{-\frac{\Delta\varepsilon}{kT}} = n_0 \cdot e^{-\frac{\Delta E}{RT}}$$

$$\left( \begin{array}{l} \Delta E = \Delta\varepsilon \cdot N_A \\ R = k \cdot N_A \end{array} \right)$$


25

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
- ...



26