

Medizinische Biophysik I.

0
Einführung

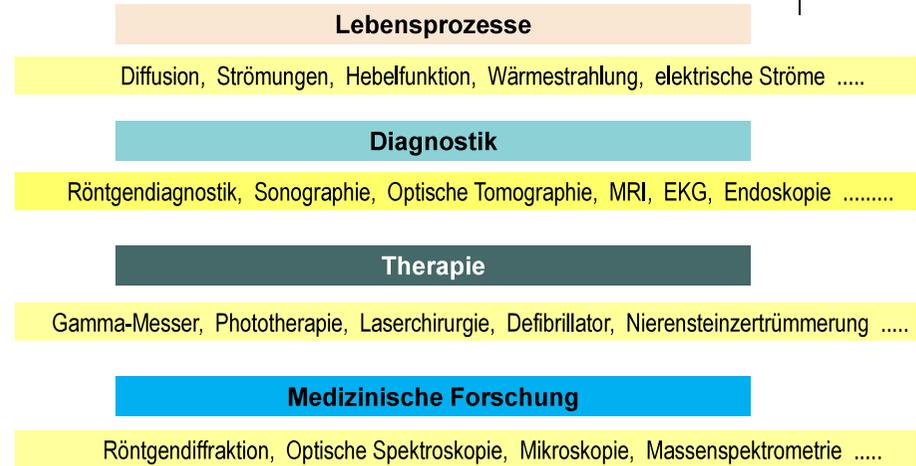
Prof. László Smeller
smeller.laszlo@med.semmelweis-univ.hu
 Dr. András Kaposi
 Dr. Attila Bérces

Institut für Biophysik und Strahlenbiologie



1

Physik in der Medizin



2

Physiker in der Medizin



Békésy György
 Biophysiker
 Nobelpreis 1961
 Gehörphysiologie



Peter Mansfield
 Physiker,
 Nobelpreis 2003
 MRI



Erwin Neher
 Biophysiker
 Nobelpreis 1991
 Ionenkanäle

Wilhelm C. Röntgen (1901)
 Röntgenstrahlung (Physik)
 Henri Becquerel, Marie Curie,
 Pierre Curie (1903)
 Radioaktivität (Physik)
 George De Hevesy (1943)
 Radioisotopmarkierung (Chemie)
 ...



Godfrey Hounsfield
 Physiker –Ingenieur
 Nobelpreis 1979
 Computertomograph

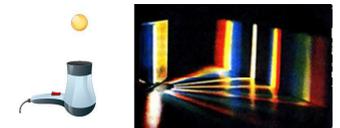


Allan McLeod Cormack
 Physiker
 Nobelpreis 1979
 Computertomograph

3



„Sage es mir, und ich vergesse es;
 zeige es mir, und ich erinnere mich;
 lass es mich tun, und ich verstehe es.“
 (Konfuzius)



4

Beschreibung des Kurses, Thematik und Regeln

s. die Webseite:
<http://biofiz.semmelweis.hu>



Hilfsmittel:

- Skript „Physikalische Grundkenntnisse“ (herunterladbar von der Webseite des Instituts)
- Wahlfach „Grundlagen der medizinischen Biophysik“
- Vorlesungsskripte (herunterladbar von der Webseite des Instituts in der Regel schon einen Tag vor der aktuellen Vorlesung)
- „Praktikum medizinische Biophysik“ 2017, Semmelweis Verlag, Budapest (erhältlich in der Buchhandlung des Verlags, in NET, <https://www.semmelweiskido.hu>)
- Biophysik für Mediziner, 2008, Medicina Verlag, Budapest (erhältlich in der Buchhandlung des Verlags in der Üllői Str. gegenüber der Metrostation „Klinikák“)
- Aufgabensammlung zur medizinischen Biophysik (herunterladbar von der Webseite des Instituts)

5

Medizinische Biophysik Struktur der Materie

1. Vorlesung
 09. 09. 2020

I. Atome, Moleküle und ihre Wechselwirkungen

1. Allgemein über Wechselwirkungen
2. Entstehung von stabilen Strukturen - allgemeine Prinzipien
3. Aufbau des Atoms
 - a) Bauelemente und ihre Wechselwirkungen
 - b) Energiezustände und Übergänge
4. Energiezustände in Molekülen

II. Aggregatzustände

1. Allgemeine Beschreibung
2. Einige grundlegenden Größen zur Beschreibung von Körpern
3. Kinetische Deutung der Temperatur
 - a) Gleichverteilungssatz (Äquipartitionstheorem)
 - b) Barometrische Höhenformel (Gas im Gravitationsfeld)
 - c) Boltzmann-Verteilung

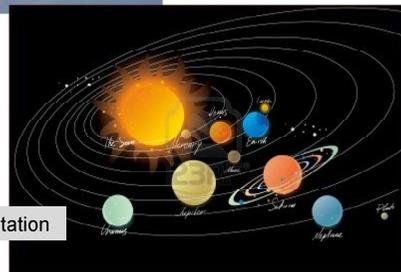
I. Atome, Moleküle und ihre Wechselwirkungen

1. Allgemein über Wechselwirkungen

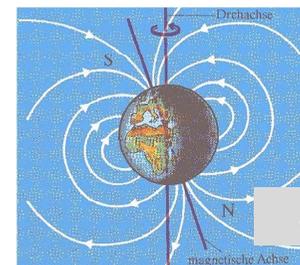
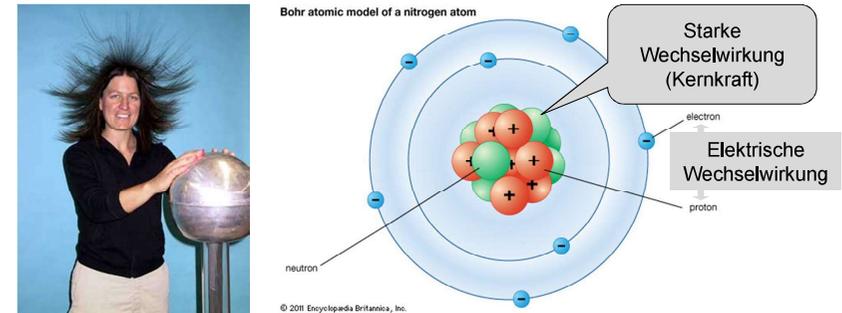
Beispiele:



Gravitation



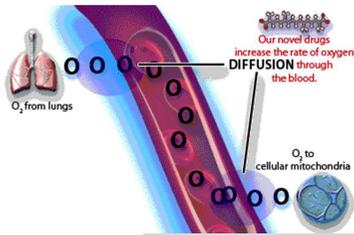
7



8

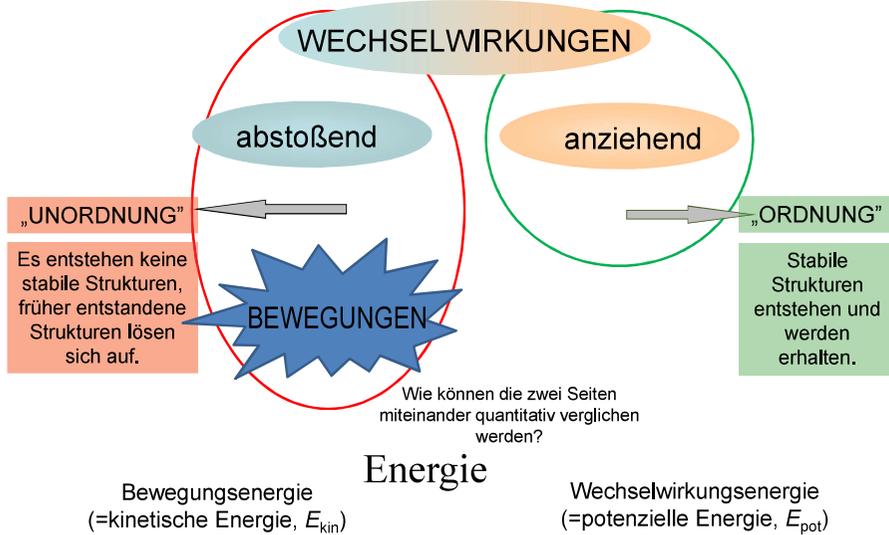


Thermische Wechselwirkung (Wärme)



Chemische, biologische, ... Wechselwirkungen

2. Entstehung von stabilen Strukturen - allgemeine Prinzipien

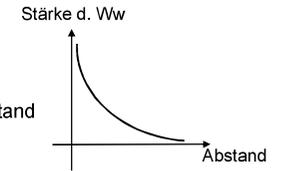


Beschreibung der Wechselwirkungen:

□ Symmetrie!



□ Bei fernwirkenden Ww: Abklingen mit wachsendem Abstand



□ Größen und Gesetze:

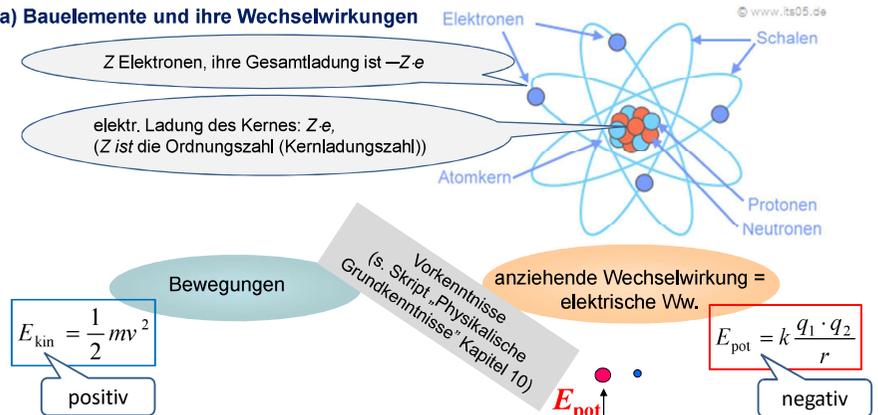
- Kraft, die newtonschen Gesetze und Beispiele für Kraftgesetze
- Arbeit und Energie
- Energieerhaltung
- Leistung
- Druck

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

Kraft Energie

3. Aufbau des Atoms

a) Bauelemente und ihre Wechselwirkungen



$$E_{gesamt} = E_{pot} + E_{kin}$$

Ein Elektron kann aus der Bindung des Atoms entfernt werden, wenn Energie dem Elektron zugeführt wird und dadurch die Gesamtenergie positiv wird.

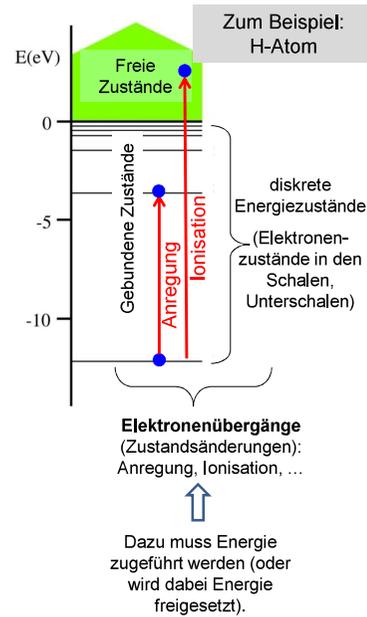
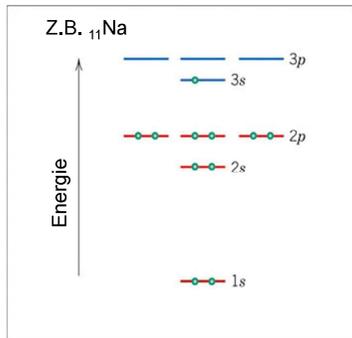
b) Energiezustände und Übergänge

Eine spezielle Eigenschaft der Mikrowelt:

- **diskrete (quantierte) gebundene Energiezustände**

Prinzipien bei der Besetzung der Energiezustände (Schalen, Unterschalen):

- **Energieminimum**
- **Pauli-Prinzip**



13

Durch primäre und sekundäre Bindungen (Wechselwirkungen) →

- Moleküle
- Aggregatzustände (flüssige und feste Körper)

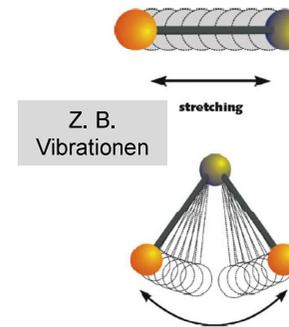
4. Energiezustände in Molekülen

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

$$\approx 1 \text{ eV}$$

$$\approx 0,1 \text{ eV}$$

$$\approx 0,01 \text{ eV}$$



- alle Energieformen sind quantisiert



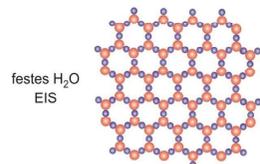
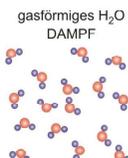
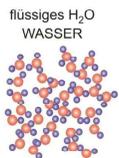
(Rotationsniveaus sind nicht gezeigt.)

14

II. Aggregatzustände

1. Allgemeine Beschreibung

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



15

2. Einige grundlegenden Größen zur Beschreibung eines Körpers

Mengengrößen

- **Masse (m)**
- **Volumen (V)**
- **Stoffmenge (ν)**
- **Teilchenanzahl (N)**
(Anzahl der Bauelemente (Atome oder Moleküle) im Körper)

$$\nu = \frac{N}{N_A} \text{ oder } N = \nu \cdot N_A$$

Avogadro-Konstante (N_A): $N_A = 6,03 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$

Bezogene Größen

Stoffmengenbezogen (molare Größen)

- **Molare Masse (M)** $M = \frac{m}{\nu} \text{ oder } m = \nu \cdot M$

Volumenbezogen

- **Dichte (ρ):** $\rho = \frac{m}{V} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$

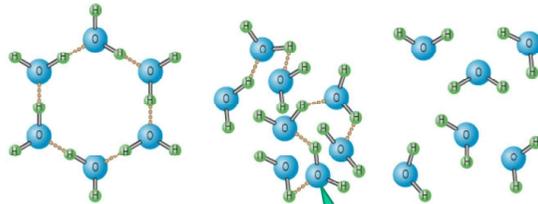
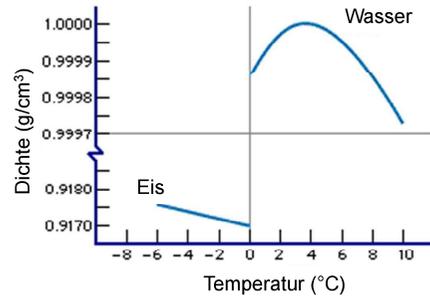
16

Mehr über die Dichte:

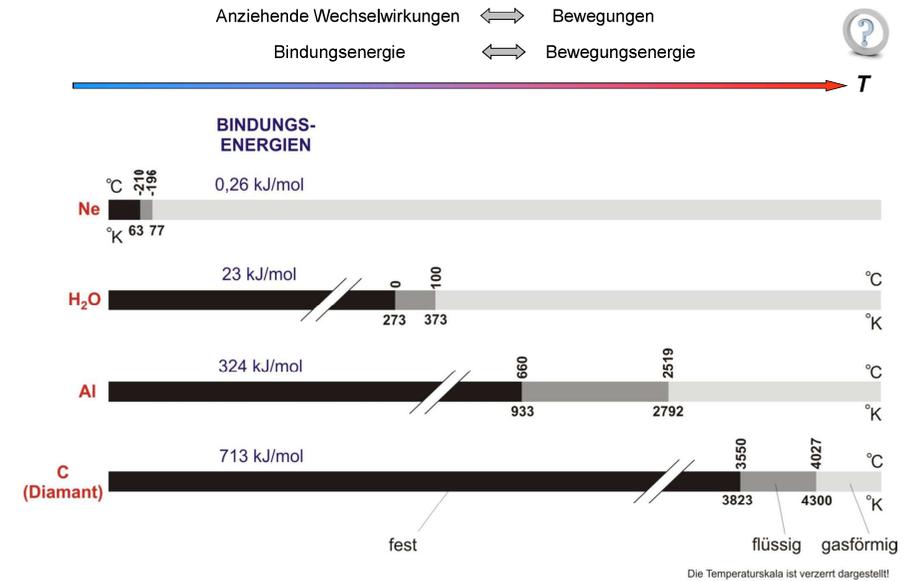
Stoff	ρ (g/cm ³)
Wasser	1
Fettgewebe	≈ 0,9
Blut	≈ 1,05
Knochen	≈ 1,8
Körpergewebe (Mittelwert)	≈ 1,04

Temperaturabhängigkeit:

$\rho(T)$

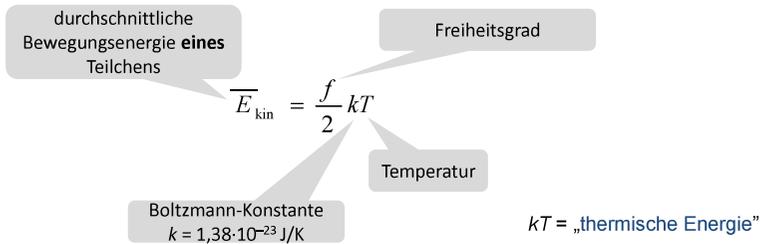


Was entscheidet darüber, in welchem Aggregatzustand sich ein Stoff bei einer gegebenen Temperatur befindet?

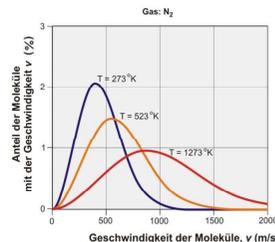
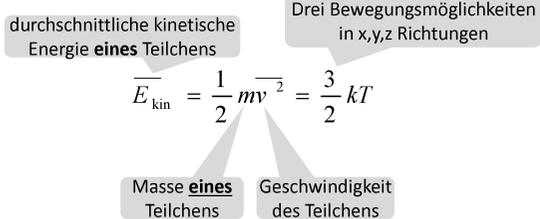


3. Kinetische Deutung der Temperatur:

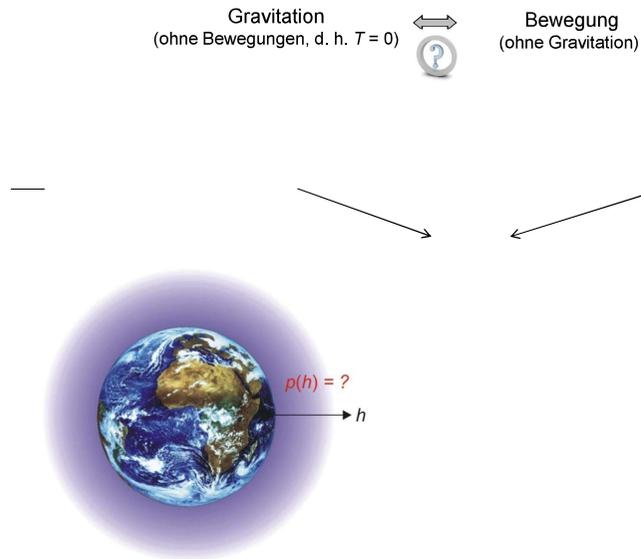
a) Gleichverteilungssatz (Äquipartitionstheorem)



z.B.: Bei Gasen

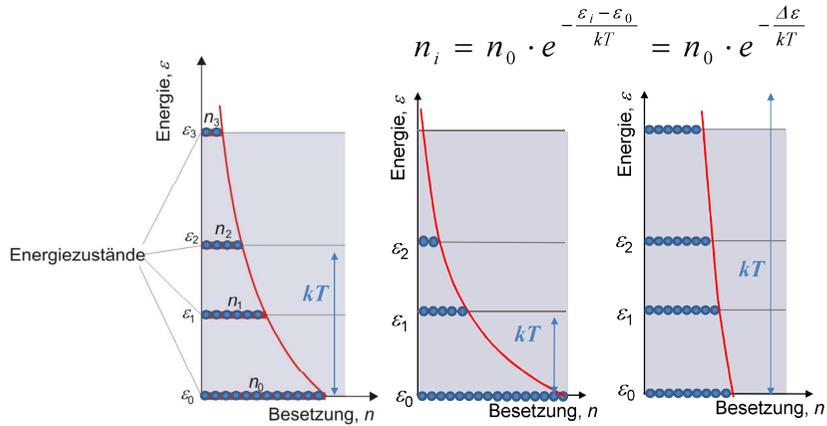


b) Ein weiteres Beispiel für das Gleichgewicht zwischen die Anziehungskräfte und Bewegungen: Barometrische Höhenformel (Gas im Gravitationsfeld)



c) Boltzmann-Verteilung

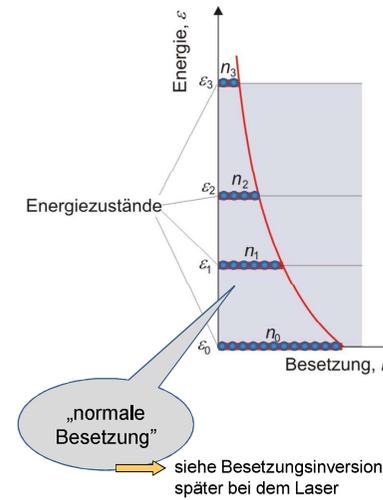
Die Verteilung der Teilchen auf die Energiezustände im thermischen Gleichgewicht ($T = \text{konstant}$).



21

c) Boltzmann-Verteilung

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



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

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

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
- ...

22

Hausaufgaben:

- Aufgabensammlung :
1. 22, 26, 31, 36, 40



23