

# Medizinische Biophysik I.

0

Dr. Ferenc Tölgyesi

[tolgyesi.ferenc@med.semmelweis-univ.hu](mailto:tolgyesi.ferenc@med.semmelweis-univ.hu)

Institut für Biophysik und Strahlenbiologie



1

## Physik in der Medizin



### Diagnostik

Röntgendiagnostik Sonographie Optische Tomographie MRI EKG Endosko

### Therapie

Gamma-Messer Phototherapie Laserchirurgie Defibrillator Nierensteinzertrüm

### Medizinische Forschung

Röntgendiffraktion Optische Spektroskopie Mikroskopie Massenspektrometrie

### Lebensprozesse

Diffusion Strömungen Hebelfunktion Wärmestrahlung elektrische Ströme ...

2



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)



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

(Konfuzius)



3

## 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 im EOK)
- 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)

4

# Medizinische Biophysik

## Struktur der Materie

1. Vorlesung  
13. 09. 2017

### I. Atome, Moleküle und ihre Wechselwirkungen

#### Allgemein über Wechselwirkungen

##### 1. Aufbau des Atoms

- Bauelemente und ihre Wechselwirkungen
- Energiezustände und Übergänge

##### 2. Energiezustände in Molekülen

### II. Aggregatzustände

#### 1. Allgemeine Beschreibung

#### 2. Einige grundlegenden Größen zur Beschreibung von Körpern

#### 3. Gasförmiger Aggregatzustand

- Makroskopische Beschreibung
- Mikroskopische Beschreibung
- Kinetische Deutung der Temperatur
- Maxwell-Boltzmann-Verteilung
- Barometrische Höhenformel (Gas im Gravitationsfeld)
- Boltzmann-Verteilung

5

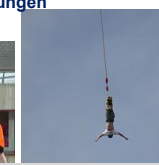
## I. Atome, Moleküle und ihre Wechselwirkungen

### Allgemein über Wechselwirkungen

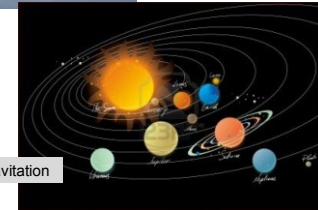
#### Beispiele:



„Kontakt“ (molekulare Wechselwirkungen im Hintergrund)



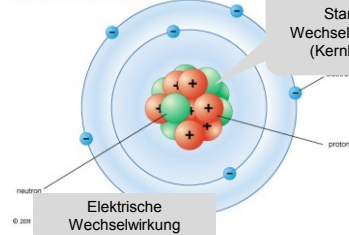
Gravitation



6



Bohr atomic model of a nitrogen atom

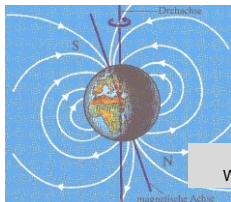
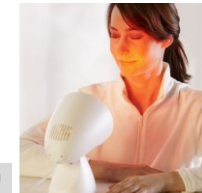


Starke Wechselwirkung (Kernkraft)

Elektrische Wechselwirkung



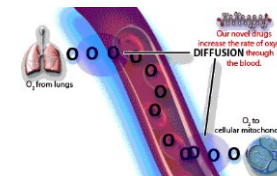
Thermische Wechselwirkung (Wärme)



Magnetische Wechselwirkung



7



Chemische, biologische, ... Wechselwirkungen



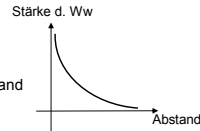
8

## Beschreibung der Wechselwirkungen:

- Symmetrie!



- Bei fernwirkenden Ww: Abklingen mit wachsendem Abstand



- Größen und Gesetze:

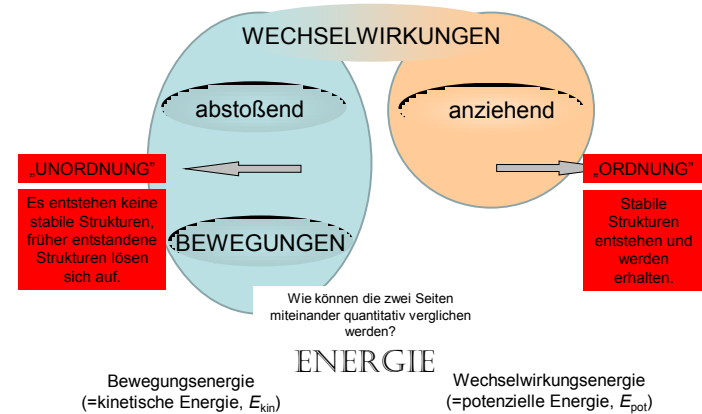
- Kraft, die newtonschen Gesetze und Beispiele für Kraftgesetze
- Arbeit und Energie
- Energieerhaltung
- Leistung
- Druck

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

KRAFT ENERGIE

9

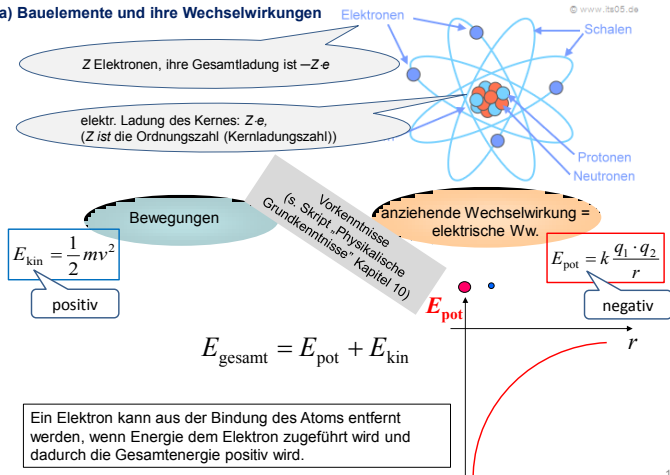
## Entstehung von stabilen Strukturen - allgemeine Prinzipien



10

## 1. Aufbau des Atoms

### a) Bauelemente und ihre Wechselwirkungen



11

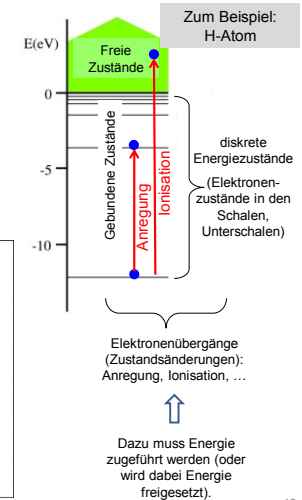
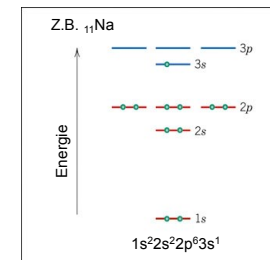
### b) Energiezustände und Übergänge

Eine spezielle Eigenschaft der Mikrowelt:

- diskrete (quantisierte) gebundene Energiezustände

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

- Energieminimum
- Pauli-Prinzip



12

Durch primäre und sekundäre Bindungen (Wechselwirkungen) →

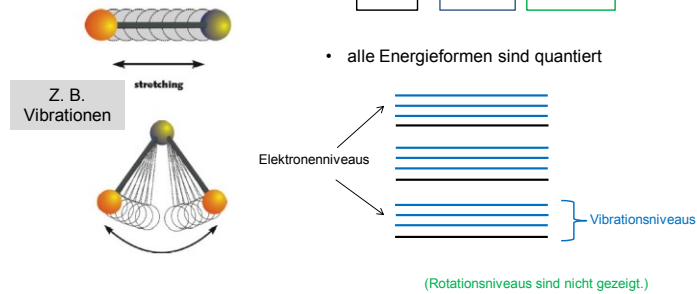
- Moleküle
- Aggregatzustände (flüssige und feste Körper)

## 2. Energiezustände in Molekülen

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

$$\begin{matrix} \approx 1 \text{ eV} & \approx 0,1 \text{ eV} & \approx 0,01 \text{ eV} \end{matrix}$$

- alle Energieformen sind quantisiert



13

## 2. Einige grundlegenden Größen zur Beschreibung der Eigenschaften von Körpern:

- Zahl der Bauelemente (Atome oder Moleküle) im Körper ( $N$ )
- Stoffmenge ( $\nu$ ) in Mol: 1 mol enthält  $6,03 \cdot 10^{23}$  Bauelemente

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

$$\nu = \frac{N}{N_A}$$

- Masse ( $m$ )
- Molare Masse ( $M$ ): die Masse von einem Mol

$$m = \nu \cdot M$$

- Volumen ( $V$ )

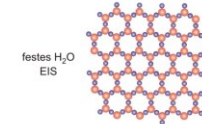
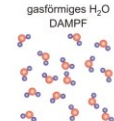
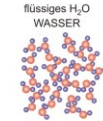
$$\text{Dichte } (\rho): \rho = \frac{m}{V} \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

15

## II. Aggregatzustände

### 1. Allgemeine Beschreibung

	Fest	Flüssig	Gasförmig
Eigenvolumen	+	+	-
Eigenform	+	-	-



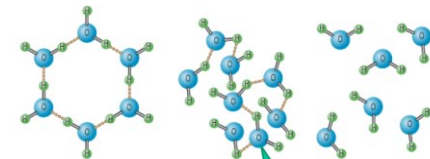
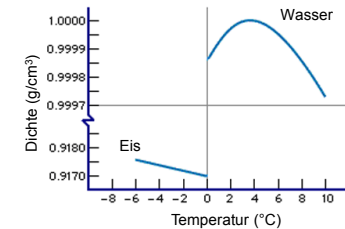
14

### Mehr über die Dichte:

Stoff	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )
Wasser	1
Fettgewebe	$\approx 0,9$
Blut	$\approx 1,05$
Knochen	$\approx 1,8$
Körpergewebe (Mittelwert)	$\approx 1,04$

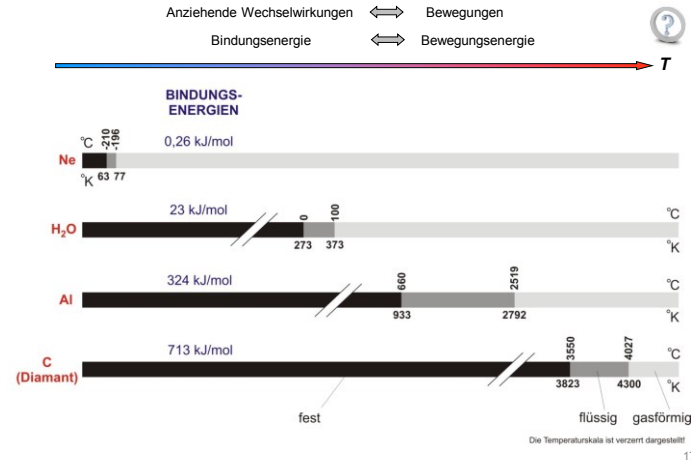
Temperaturabhängigkeit:

$$\rho(T)$$



16

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



17

### 3. Gasförmiger Aggregatzustand

#### a) Makroskopische Beschreibung:

- Kein Eigenvolumen und keine Eigenform
- Isotrop
- Messbare Größen:  $p, V, \nu, T$

Druck Volumen Stoffmenge

allgemeine Gaskonstante  
 $R = 8,31 \text{ J/(molK)}$

$pV = \nu RT$  (für ideale Gase)

#### b) Mikroskopische Beschreibung:

- Ungeordnet
- Starke und fast freie Bewegungen



#### c) Kinetische Deutung der Temperatur

durchschnittliche kinetische Energie eines Teilchens

$$\overline{E}_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \overline{v}^2 = \frac{3}{2} kT$$

Masse eines Teilchens

Geschwindigkeit des Teilchens

Boltzmann-Konstante  
 $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$

Temperatur

$kT = \text{„thermische Energie“}$

18

Eine andere Form:

durchschnittliche kinetische Energie von einem Mol

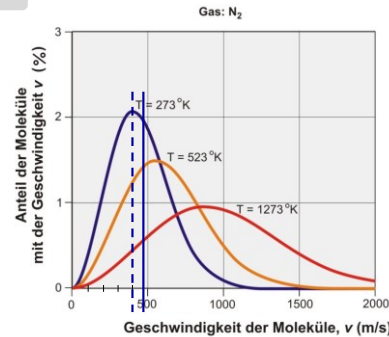
Allgemeine Gaskonstante  
 $R = 8,34 \text{ J/(molK)}$

$$\overline{E}_{\text{kin, mol}} = \frac{1}{2} M \overline{v}^2 = \frac{3}{2} RT$$

$RT = \text{„molare thermische Energie“}$

Molare Masse

#### d) Maxwell-Boltzmann-Verteilung



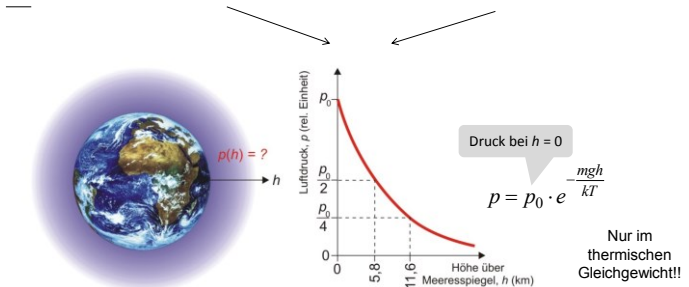
19

#### e) Barometrische Höhenformel (Gas im Gravitationsfeld)

Gravitation  
(ohne Bewegungen, d. h.  $T = 0$ )



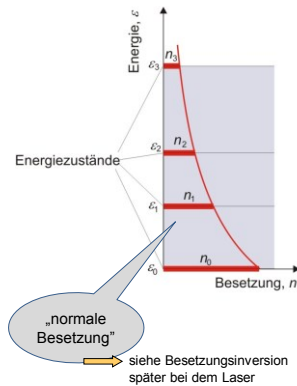
Bewegung  
(ohne Gravitation)



20

### f) Boltzmann-Verteilung

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



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

$$\left( n_i = n_0 \cdot e^{-\frac{\Delta E}{RT}} \quad \Delta E = \Delta\varepsilon \cdot N_A \right. \\ \left. R = k \cdot N_A \right)$$

#### 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
- ...

(Gilt aber nicht z. B. bei der Besetzung der Elektronenschalen in einem Atom!)

21

### Hausaufgaben:

- Aufgabensammlung :  
1. 22, 26, 27, 31, 34, 36, 40



22