

# Medizinische Biophysik I.

0

Einführung

06. 09. 2023

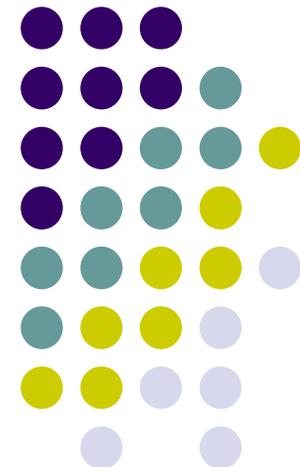
Prof. László Smeller

[smeller.laszlo@med.semmelweis-univ.hu](mailto:smeller.laszlo@med.semmelweis-univ.hu)

Dr Balázs Kiss

Dr. Attila Bérces

Dr. Gusztáv Schay



Institut für Biophysik und Strahlenbiologie

# Physik in der Medizin



## Lebensprozesse

Diffusion, Strömungen, Hebelfunktion, Wärmestrahlung, elektrische Ströme .....

## Diagnostik

Röntgendiagnostik, Sonographie, Optische Tomographie, MRI, EKG, Endoskopie .....

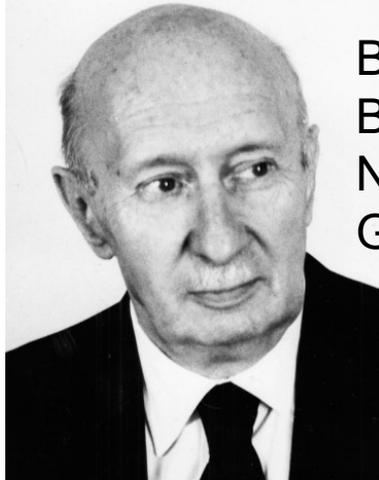
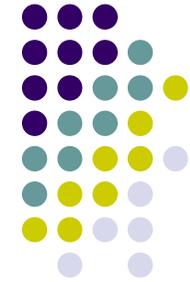
## Therapie

Gamma-Messer, Phototherapie, Laserchirurgie, Defibrillator, Nierensteinzertrümmerung .....

## Medizinische Forschung

Röntgendiffraktion, Optische Spektroskopie, Mikroskopie, Massenspektrometrie .....

# Physiker in der Medizin



Békésy György  
Biophysiker  
Nobelpreis 1961  
Gehörphysiologie



Peter Mansfield  
Physiker,  
Nobelpreis 2003  
MRI

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



Erwin Neher  
Biophysiker  
Nobelpreis 1991  
Ionenkanäle



Godfrey Hounsfield  
Physiker –Ingenieur  
Nobelpreis 1979  
Computertomograph

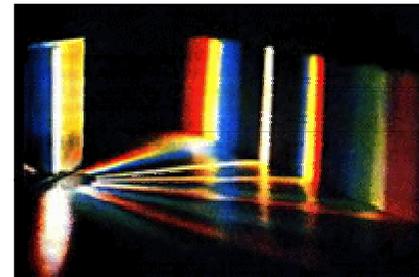


Allan McLeod Cormack  
Physiker  
Nobelpreis 1979  
Computertomograph

# Wie wird das Fach Biophysik unterrichtet?

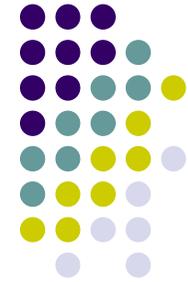


„Sage es mir, und ich vergesse es;  
zeige es mir, und ich erinnere mich;  
lass es mich tun, und ich verstehe es.“  
(Konfuzius)



# 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 vor der aktuellen Vorlesung*)
- „Praktikum medizinische Biophysik“ 2017, Semmelweis Verlag, Budapest (*erhältlich in der Buchhandlung des Verlags, in NET, oder als eBook: <https://www.semmelweiskiado.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*)

➤ Grundklausur  $\geq 50\%$

➤  $>75\%$  aktive Teilnahme\* an der Praktika



Kolloquium

\*Vorbereitung, Moodle Test  $\geq 50\%$ , angenommenes Protokoll

# Medizinische Biophysik

Einige Hinweise zum Lernen und sich Vorbereiten

Physik: Erscheinungen, Physikalische Größen, Zusammenhänge

Zahl + Maßeinheit

Formeln

Bewegung

Geschwindigkeit

$$v = s/t$$

zB: 50 + km/h

$v$ : Geschwindigkeit

~~$s$ : Weg~~

~~$t$ : Zeit~~

$s$  ist der Weg was während  
 $t$  Zeit hinterlassen wurde.

# Medizinische Biophysik

## Struktur der Materie

1. Vorlesung  
06. 09. 2023

### 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

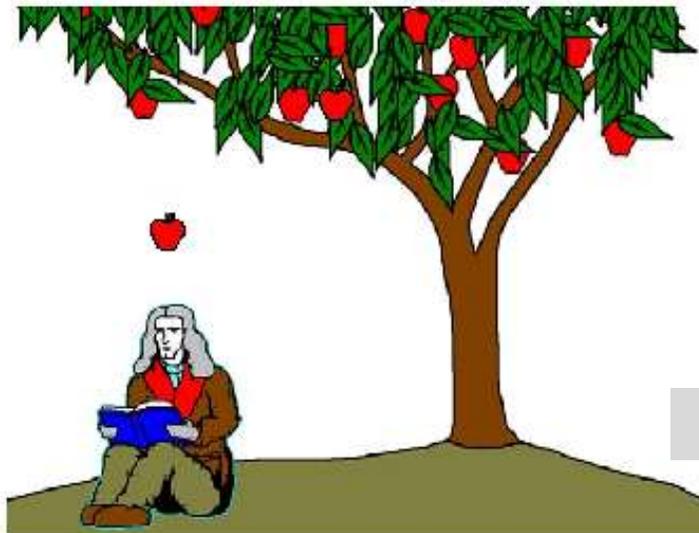
# I. Atome, Moleküle und ihre Wechselwirkungen

## 1. Allgemein über Wechselwirkungen

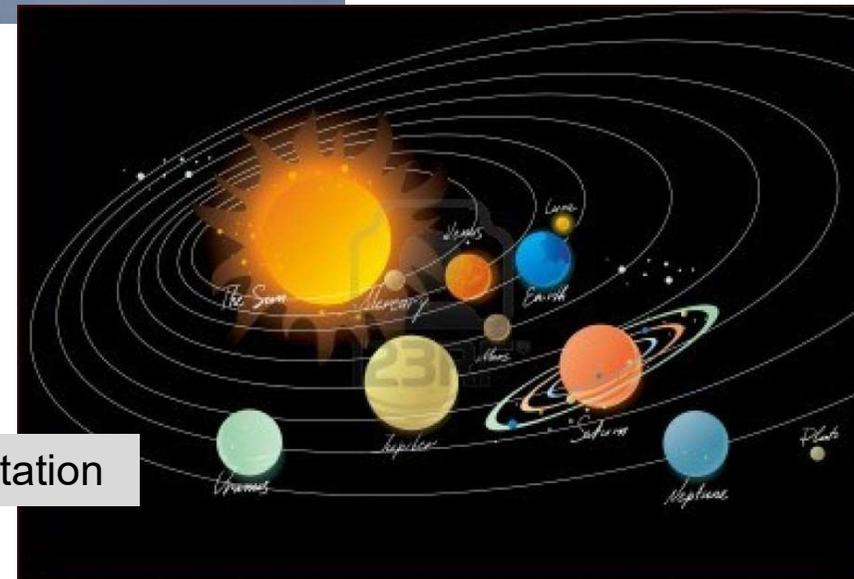
Beispiele:



„Kontakt“ (molekulare Wechselwirkungen im Hintergrund)

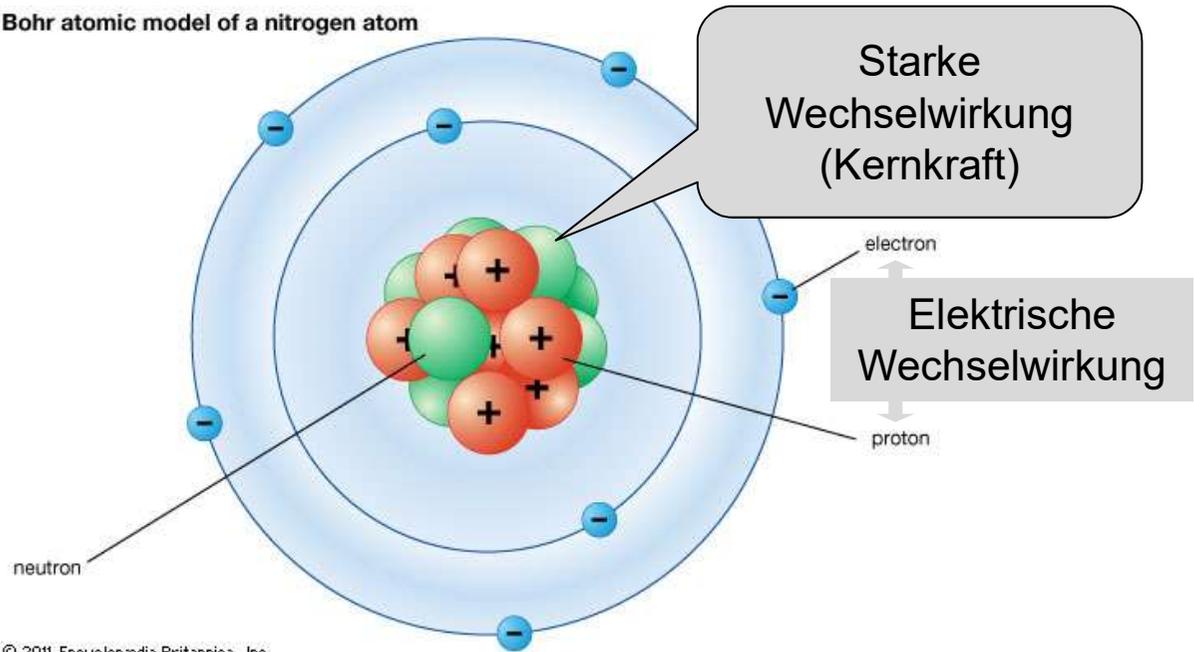


Gravitation

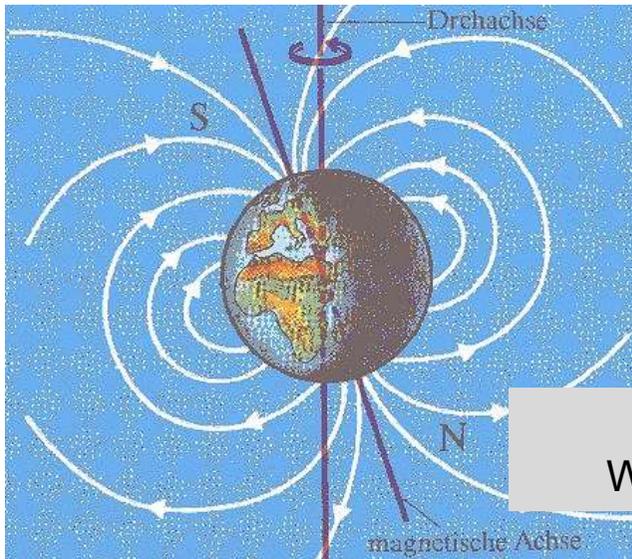




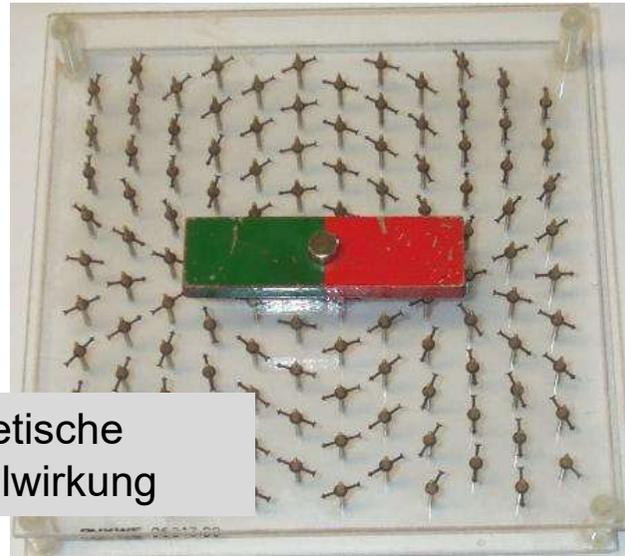
Bohr atomic model of a nitrogen atom



© 2011 Encyclopædia Britannica, Inc.

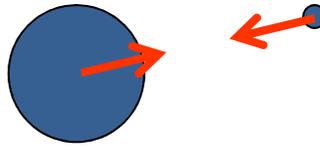


Magnetische Wechselwirkung

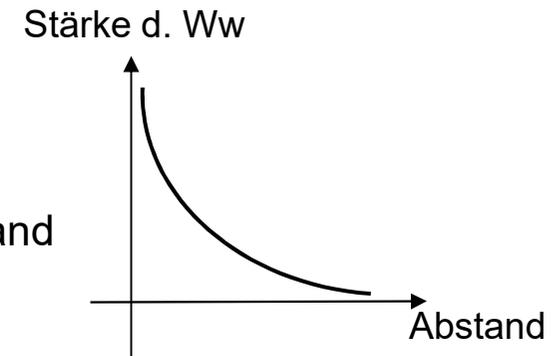


## Beschreibung der Wechselwirkungen:

- ☐ Symmetrie!



- ☐ Bei fernwirkenden Ww: Abklingen mit wachsendem Abstand

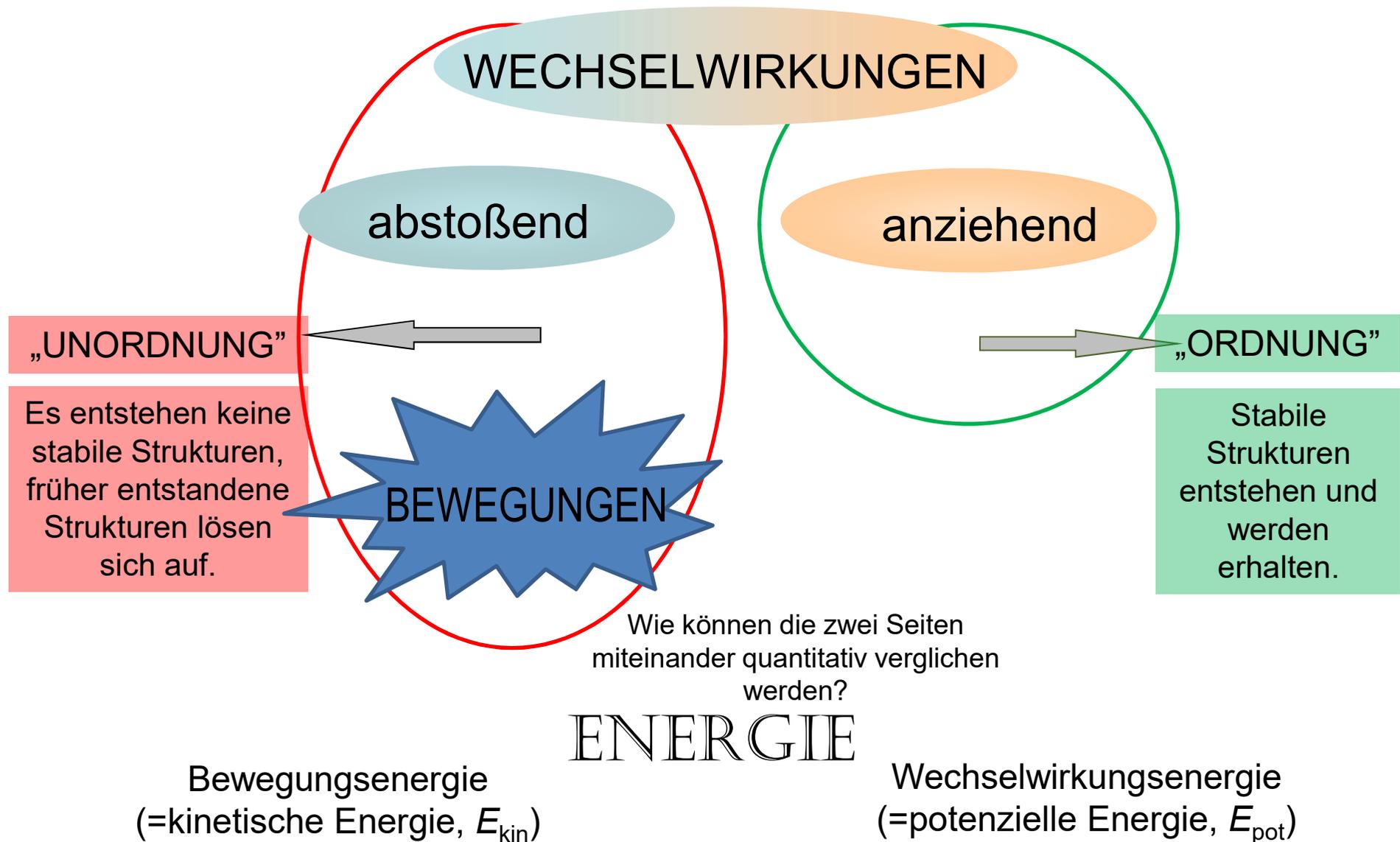


- ☐ Größen und Gesetze:

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

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

## 2. Entstehung von stabilen Strukturen - allgemeine Prinzipien



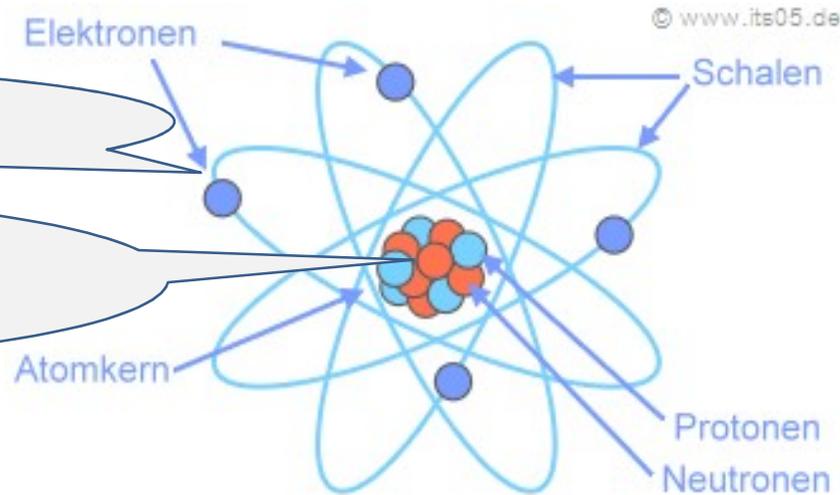
# 3. Aufbau des Atoms

## a) Bauelemente und ihre Wechselwirkungen

© www.its05.de

Z Elektronen, ihre Gesamtladung ist  $-Z \cdot e$

elektr. Ladung des Kernes:  $Z \cdot e$ ,  
(Z ist die Ordnungszahl (Kernladungszahl))



Bewegungen

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v^2$$

positiv

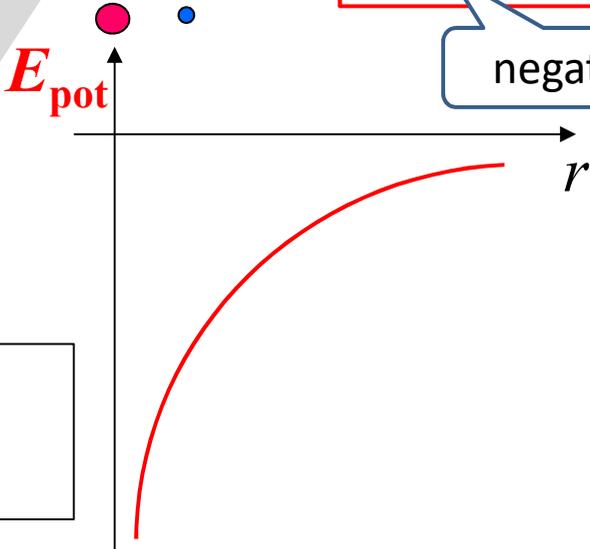
Vorkenntnisse  
(s. Skript „Physikalische  
Grundkenntnisse“ Kapitel 10)

anziehende Wechselwirkung =  
elektrische Ww.

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

negativ

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



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

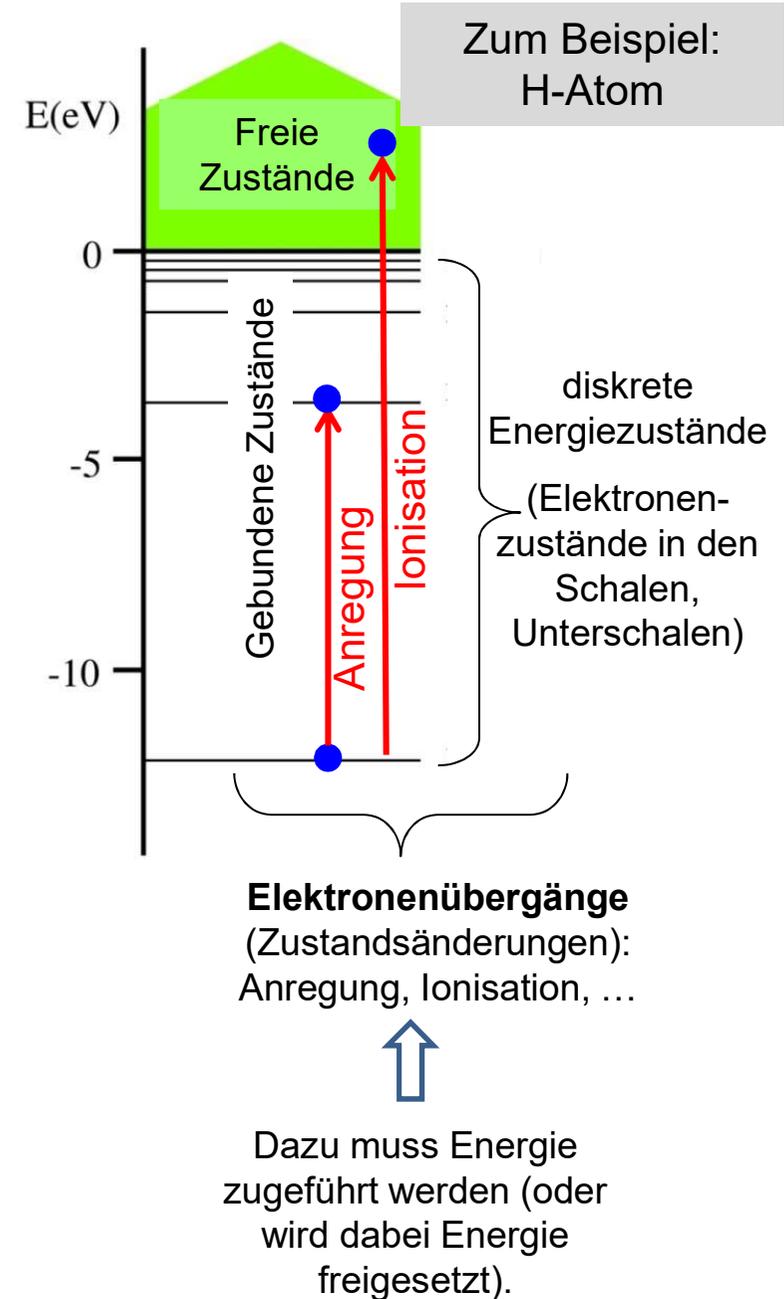
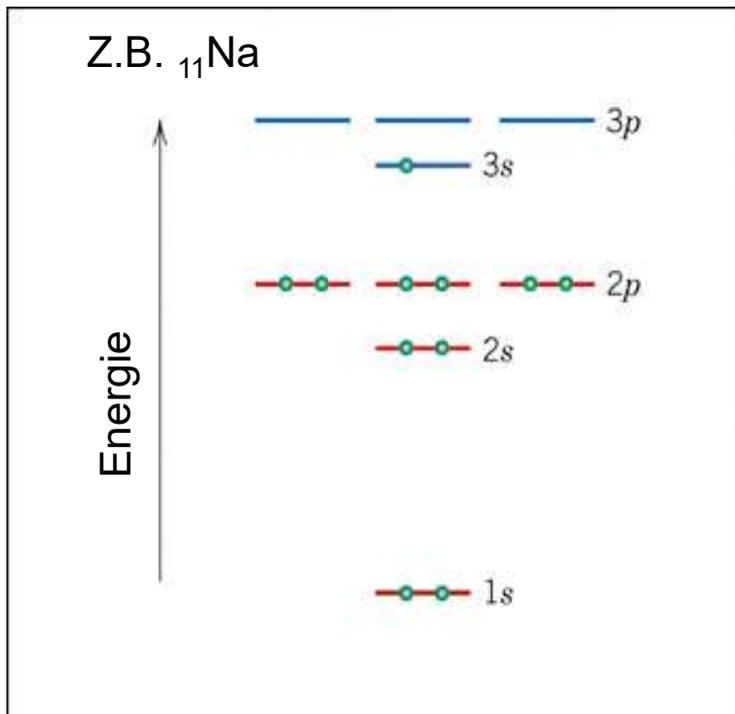
## b) Energiezustände und Übergänge

Eine spezielle Eigenschaft der Mikrowelt:

- **diskrete (quantierte) gebundene Energiezustände**

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

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



Durch primäre und sekundäre Bindungen (Wechselwirkungen) →

- Moleküle
- Aggregatzustände (flüssige und feste Körper)

#### 4. Energiezustände in Molekülen

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

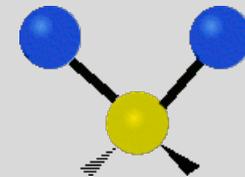
$\approx 1 \text{ eV}$   $\approx 0,1 \text{ eV}$   $\approx 0,01 \text{ eV}$

- alle Energieformen sind quantisiert

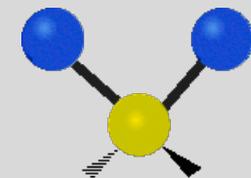


(Rotationsniveaus sind nicht gezeigt.)

Beispiele für Vibrationen:



Symmetrische Valenzschwingung



Deformationschwingung

# II. Aggregatzustände

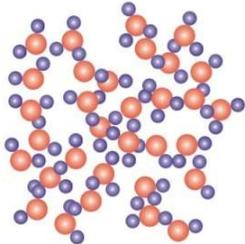
## 1. Allgemeine Beschreibung



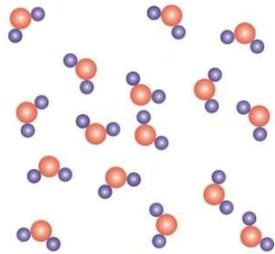
	Fest	Flüssig	Gasförmig
Eigenvolumen	+	+	-
Eigenform	+	-	-



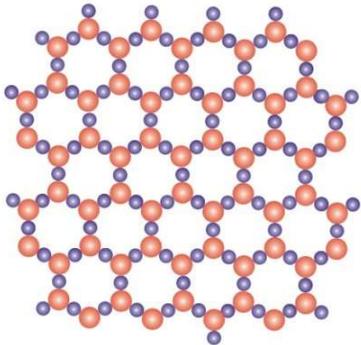
flüssiges H<sub>2</sub>O  
WASSER



gasförmiges H<sub>2</sub>O  
DAMPF



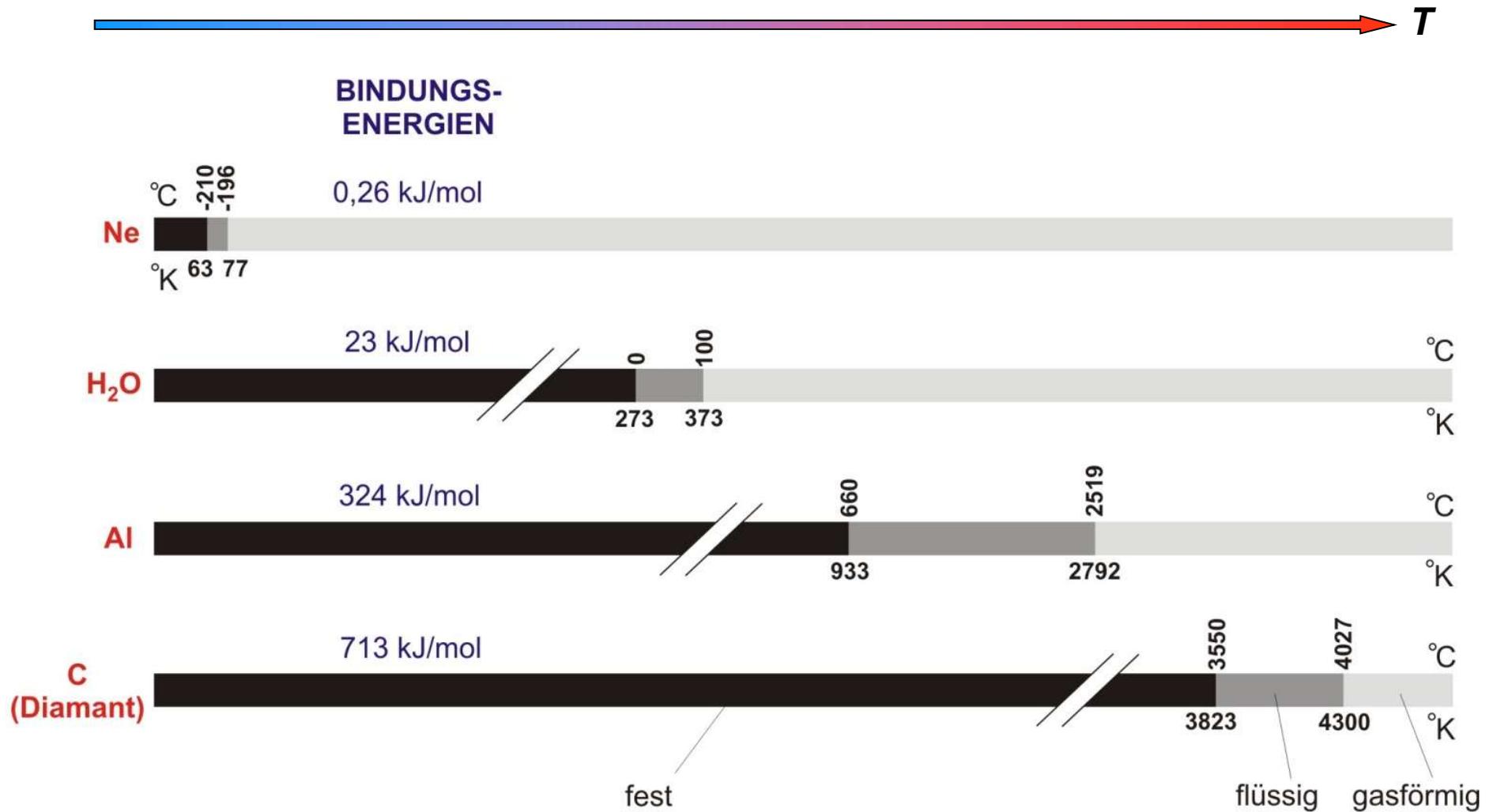
festes H<sub>2</sub>O  
EIS



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

Anziehende Wechselwirkungen  $\longleftrightarrow$  Bewegungen

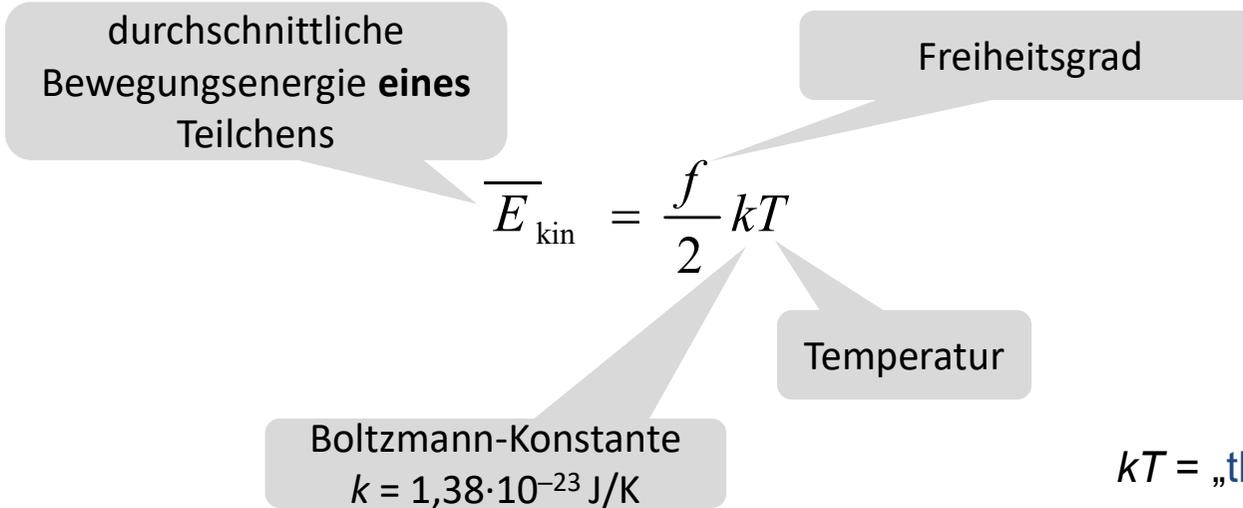
Bindungsenergie  $\longleftrightarrow$  Bewegungsenergie



Die Temperaturskala ist verzerrt dargestellt!

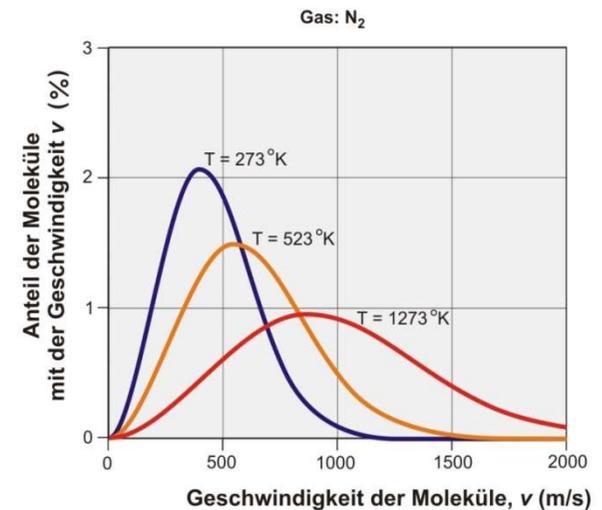
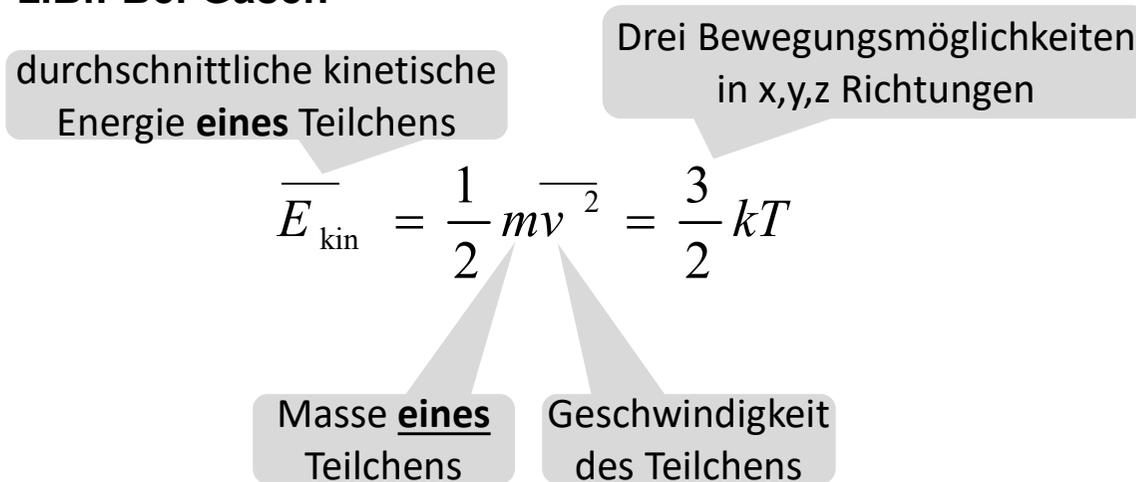
### 3. Kinetische Deutung der Temperatur:

#### a) Gleichverteilungssatz (Äquipartitionstheorem)

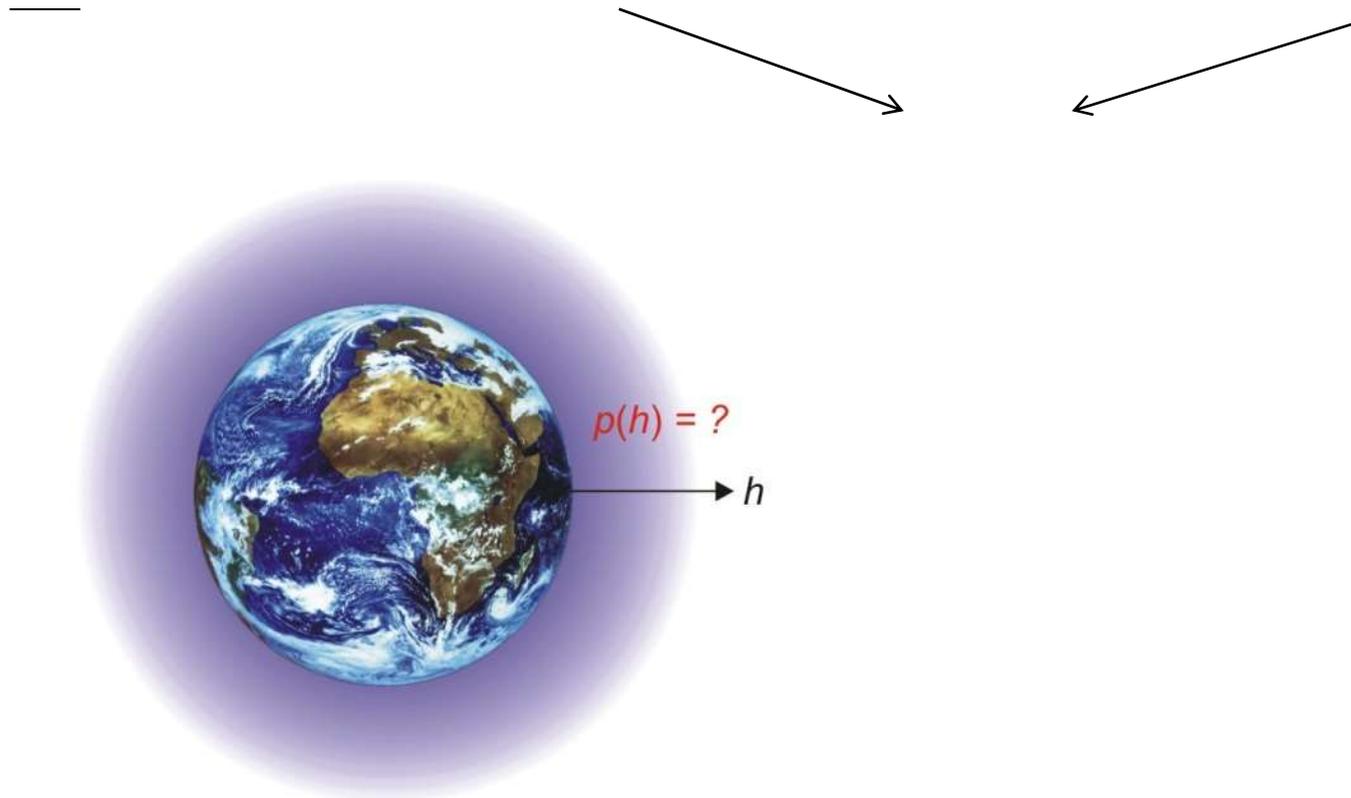
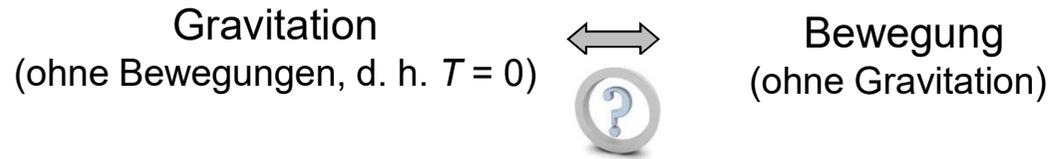


$kT =$  „thermische Energie“

#### z.B.: Bei Gasen



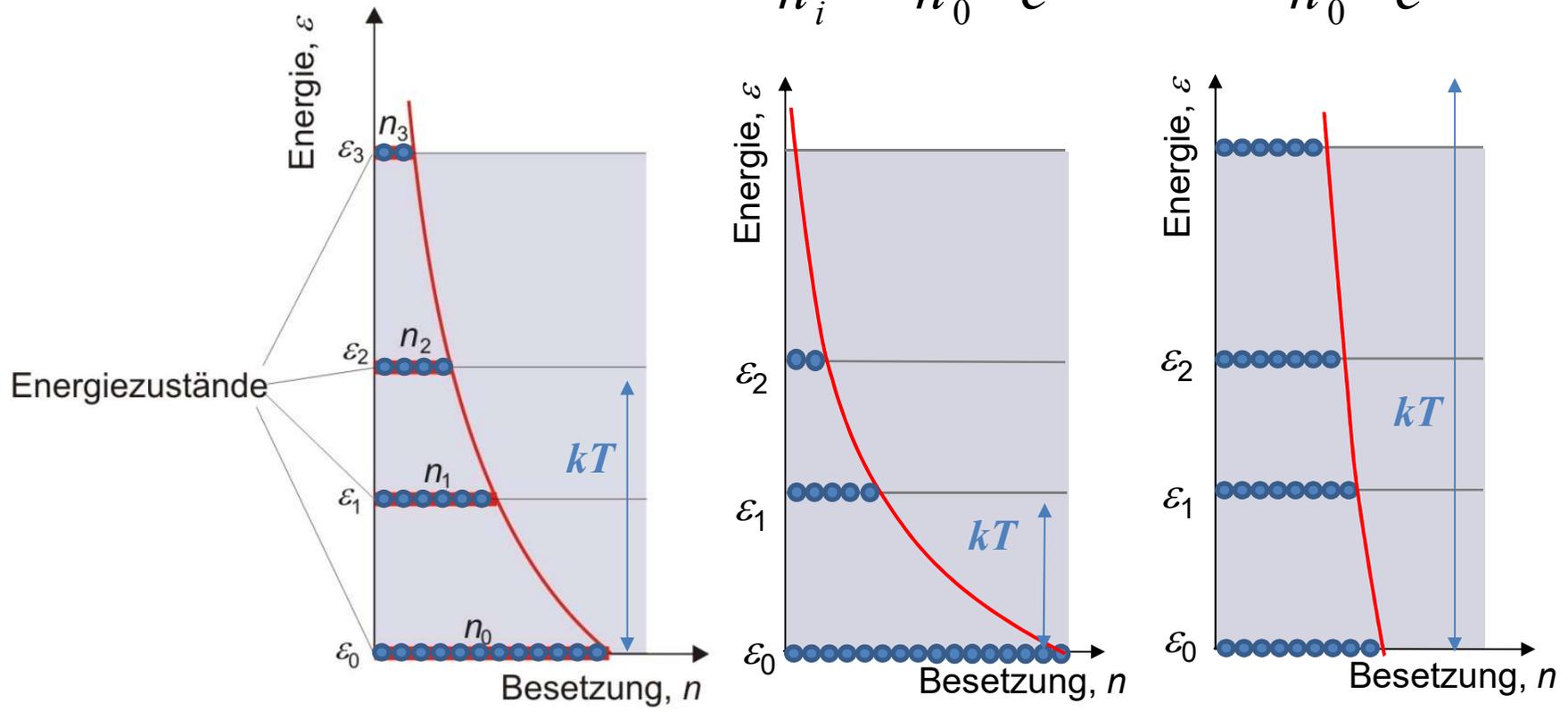
**b) Ein weiteres Beispiel für das Gleichgewicht zwischen die Anziehungskräfte und Bewegungen: Barometrische Höhenformel (Gas im Gravitationsfeld)**



### c) Boltzmann-Verteilung

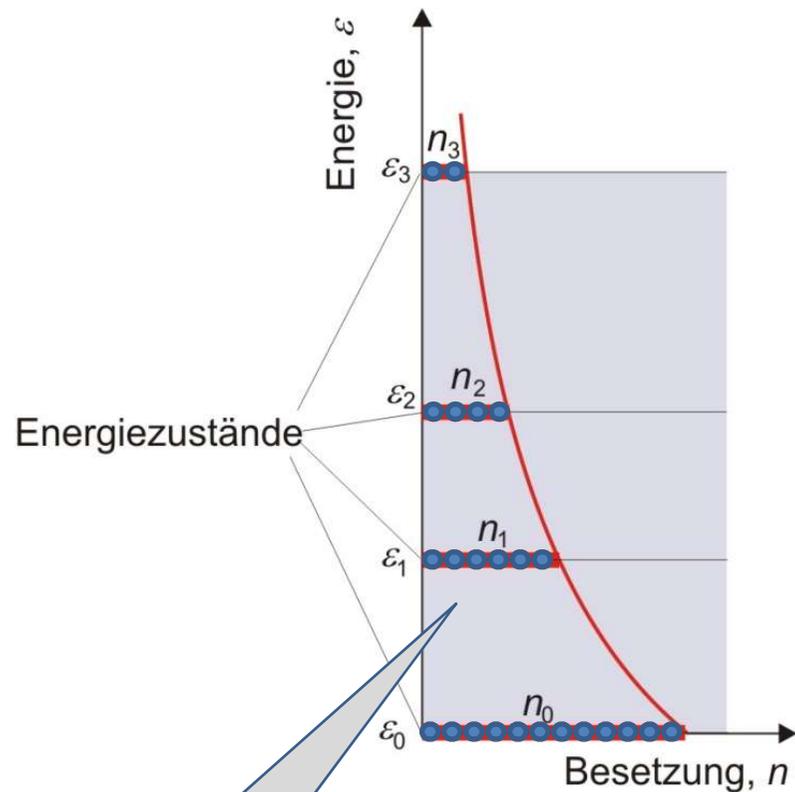
Die Verteilung der Teilchen auf die Energiezustände im thermischen Gleichgewicht ( $T = \text{konstant}$ ).

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



### 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
- ...

„normale Besetzung“

→ siehe Besetzungsinversion  
später bei dem Laser

## Hausaufgaben:

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

