

Medizinische Biophysik I.

0

Einführung

07. 09. 2022

Prof. László Smeller

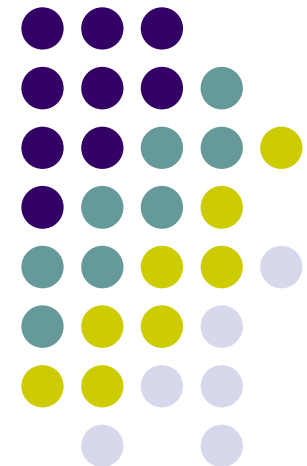
smeller.laszlo@med.semmelweis-univ.hu

Dr. András Kaposi

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

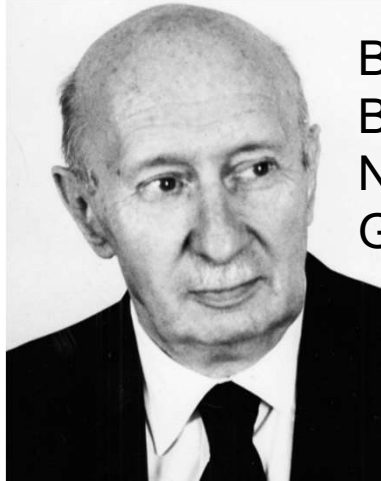
Therapie

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

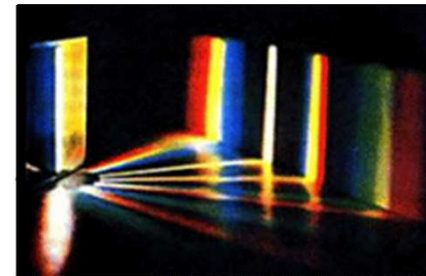


Allan McLeod Cormack
Physiker
Nobelpreis 1979
Computertomograph

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 einen Tag 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

>75 % aktive Teilnahme an der Praktika

Demo (Woche 11) >> Prüfungserleichterung



Kolloquium

Medizinische Biophysik

Einige Hinweise zum Lernen und 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
07. 09. 2022

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

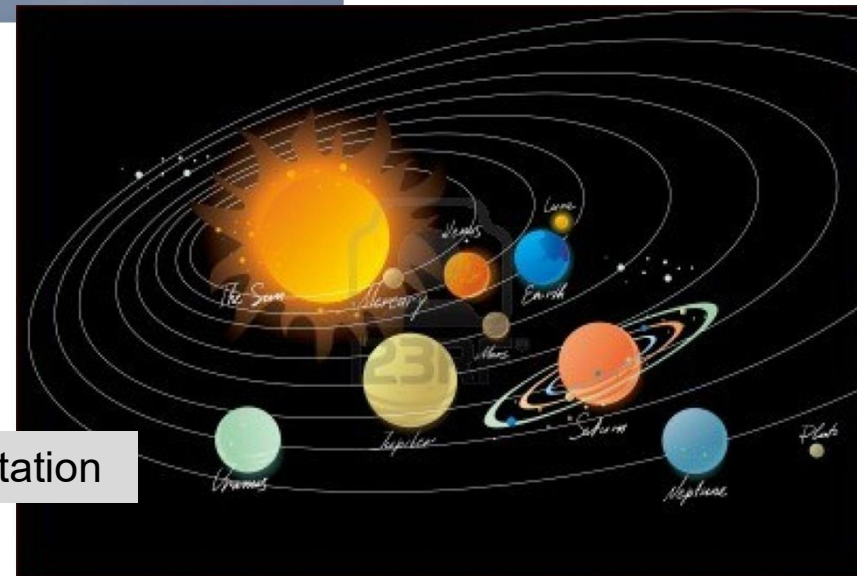
Beispiele:



„Kontakt“ (molekulare Wechselwirkungen im Hintergrund)

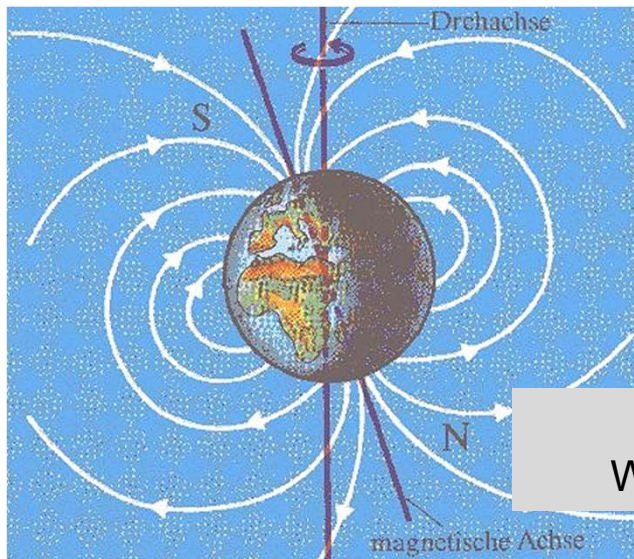
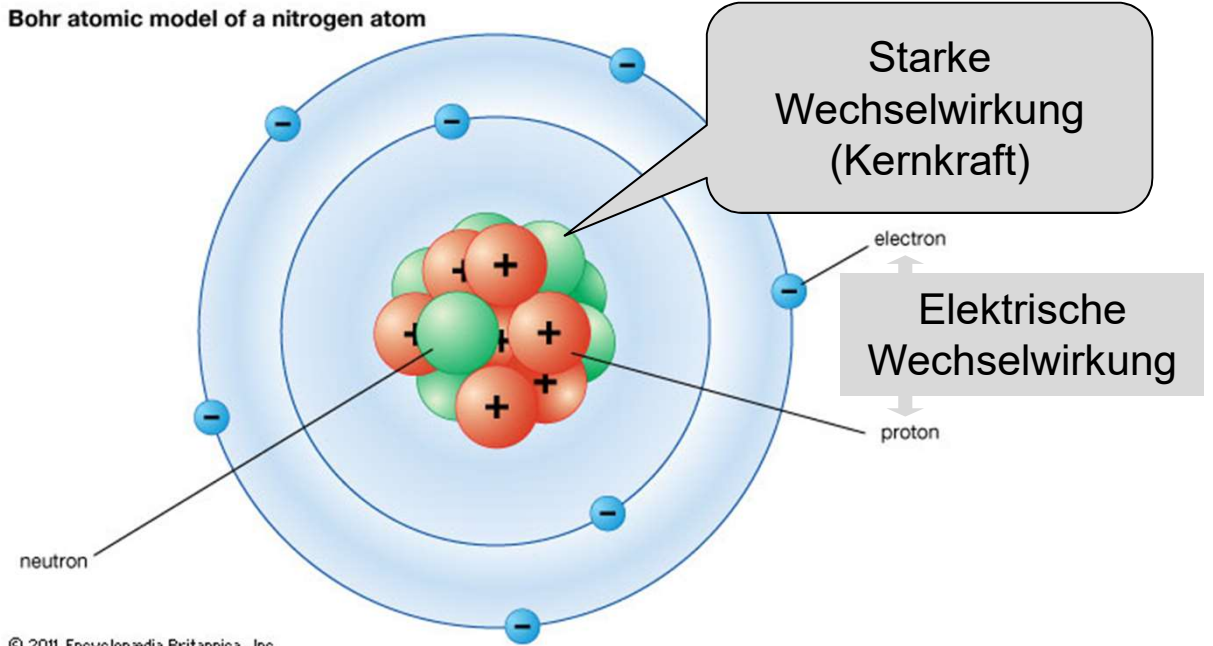


Gravitation





Bohr atomic model of a nitrogen atom

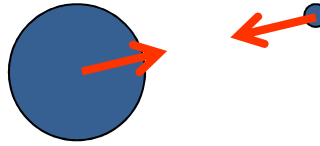


Magnetische Wechselwirkung

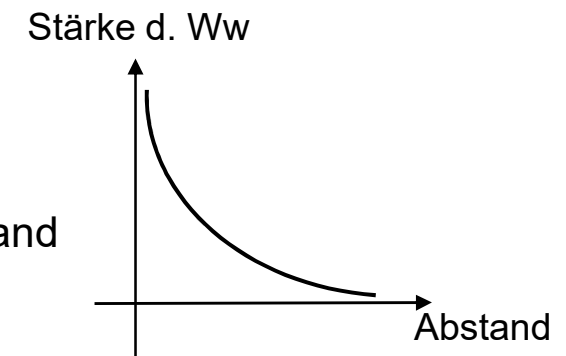


Beschreibung der Wechselwirkungen:

- ☐ Symmetrie!



- ☐ Bei fernwirkenden Ww: Abklingen mit wachsendem Abstand

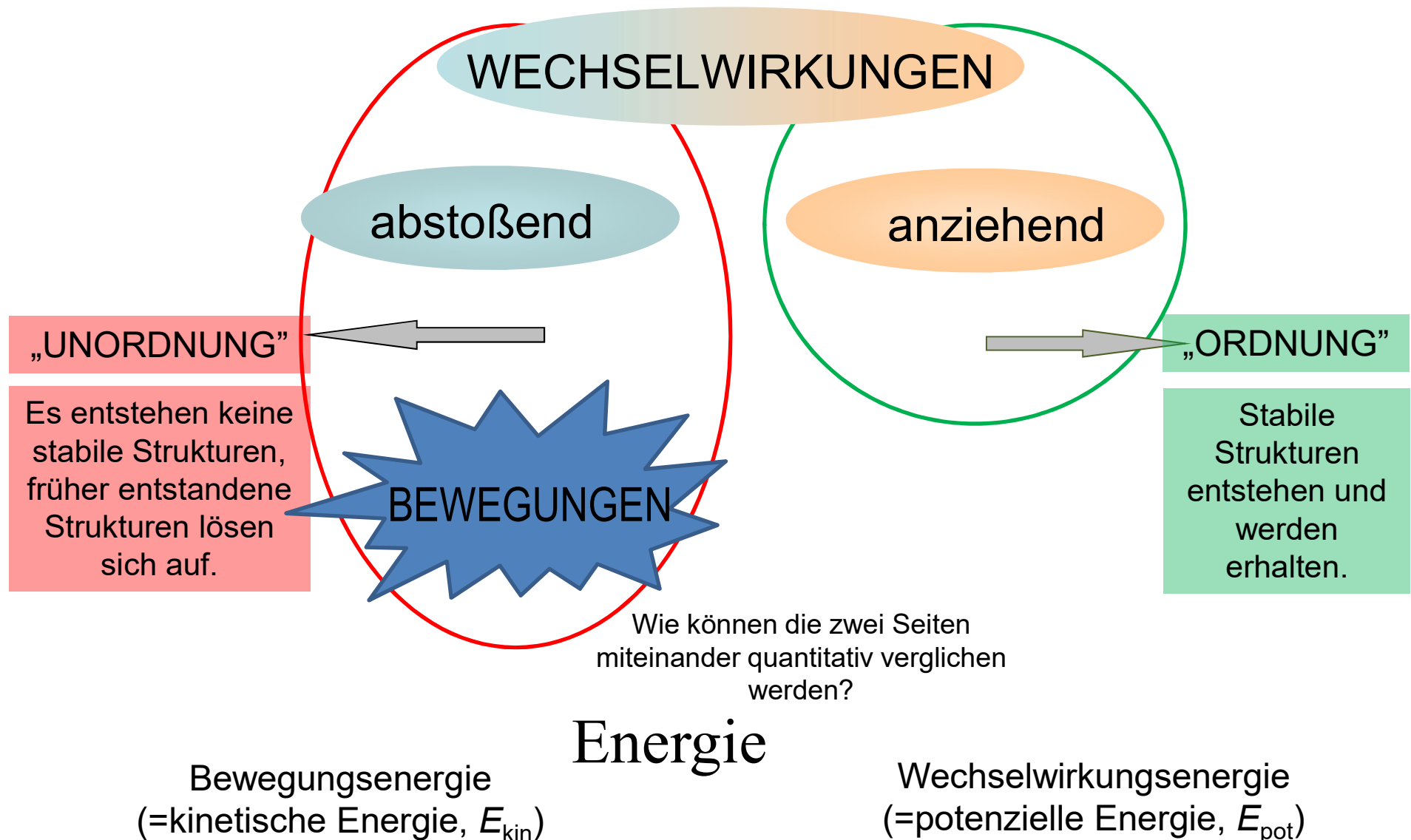


- ☐ Größen und Gesetze:

- **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

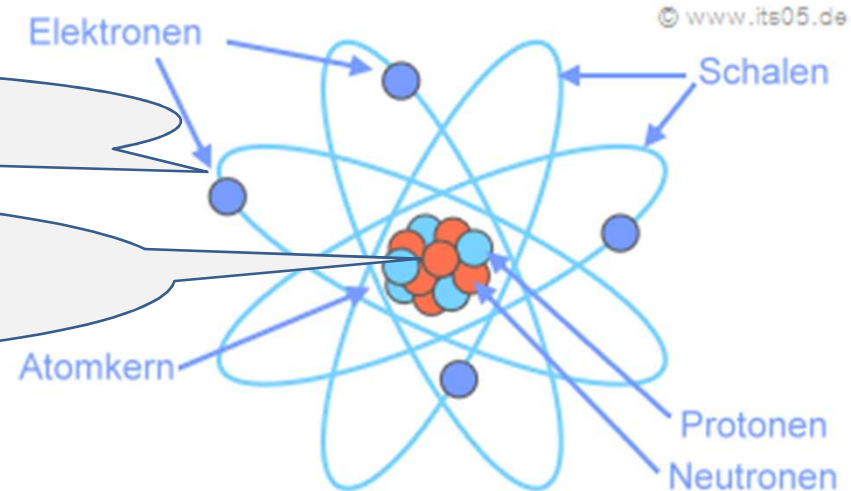


3. Aufbau des Atoms

a) Bauelemente und ihre Wechselwirkungen

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)

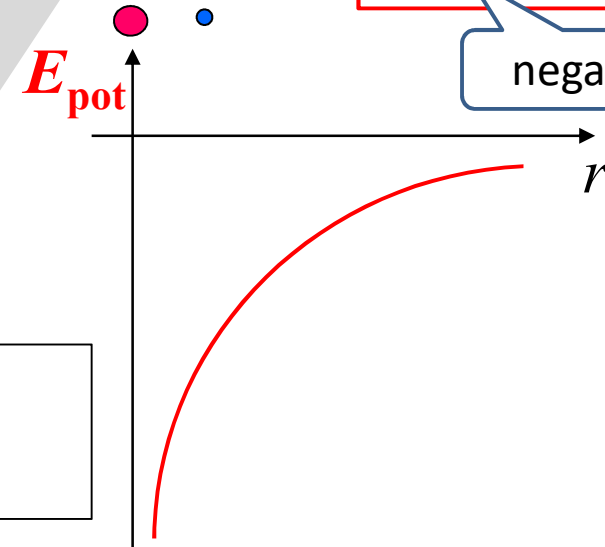
anziehende Wechselwirkung =
elektrische Ww.

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

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.



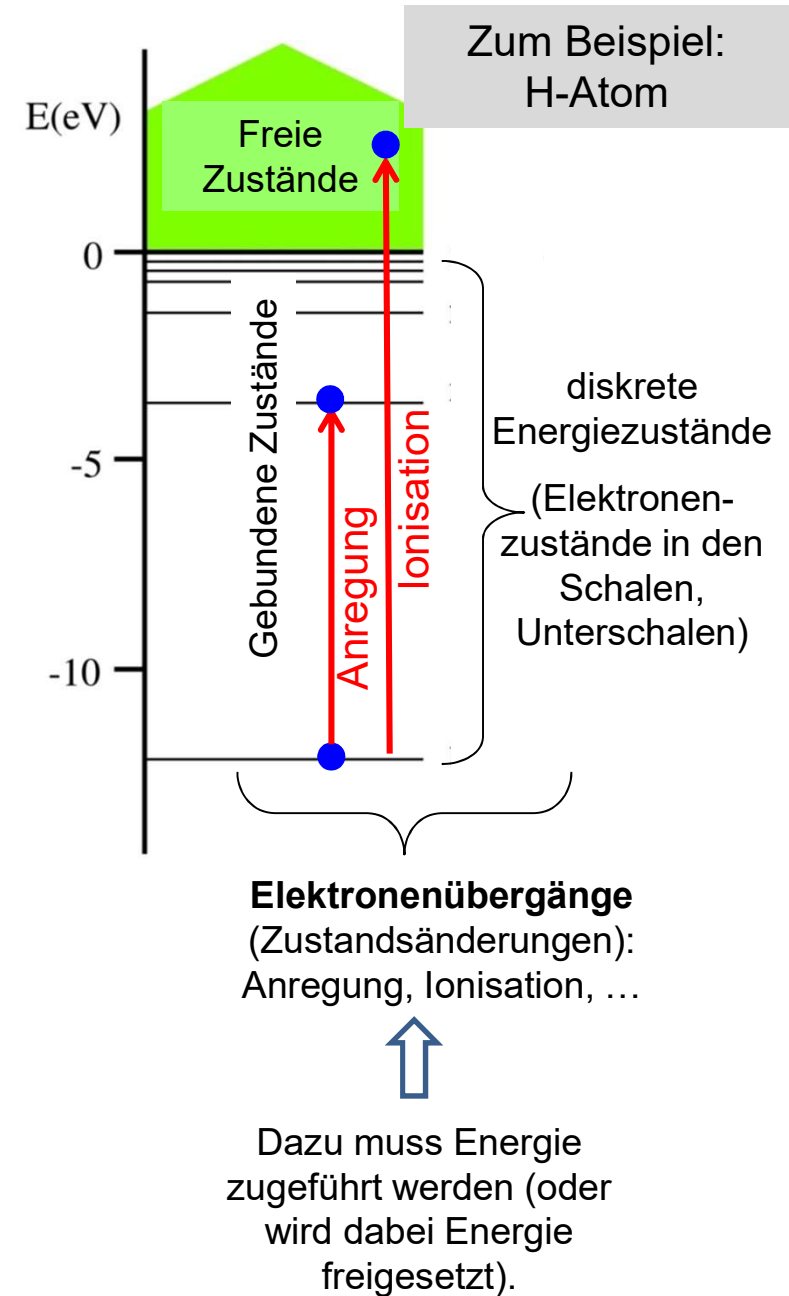
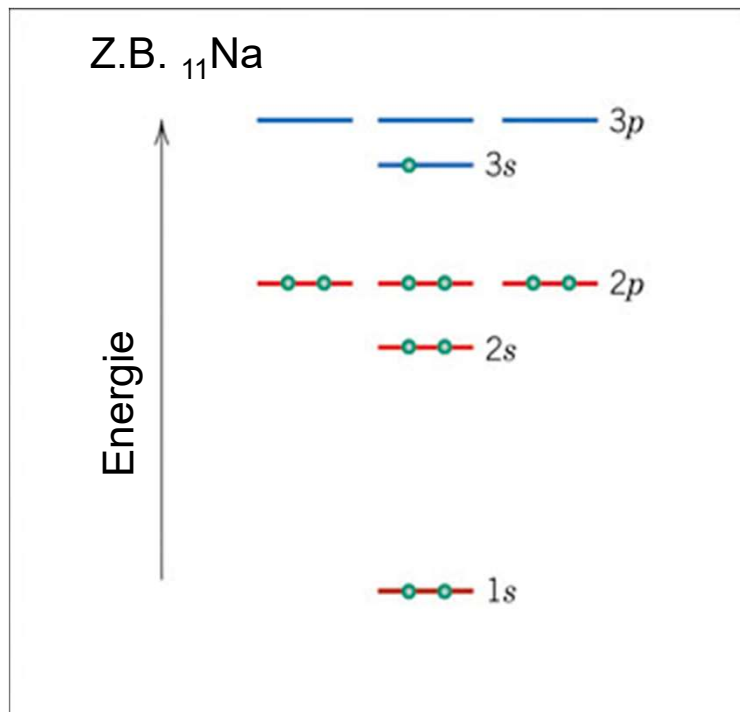
b) Energiezustände und Übergänge

Eine spezielle Eigenschaft der Mikrowelt:

- **diskrete (quantisierte) gebundene Energiezustände**

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

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



Durch primäre und sekundäre Bindungen (Wechselwirkungen) →

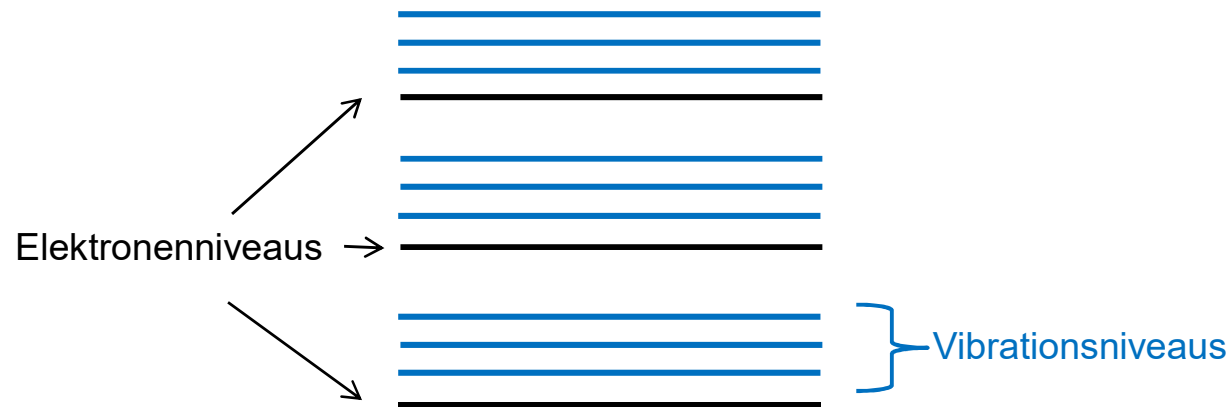
- Moleküle
- Aggregatzustände (flüssige und feste Körper)

4. Energiezustände in Molekülen

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

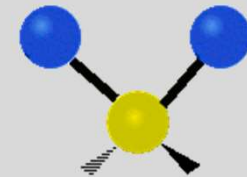
$\approx 1 \text{ eV}$ $\approx 0,1 \text{ eV}$ $\approx 0,01 \text{ eV}$

- alle Energieformen sind quantisiert

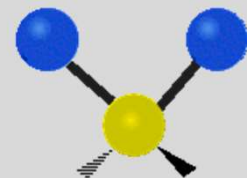


(Rotationsniveaus sind nicht gezeigt.)

Beispiele für Vibrationen:




Symmetrische
Valenzschwingung



Deformations-
schwingung

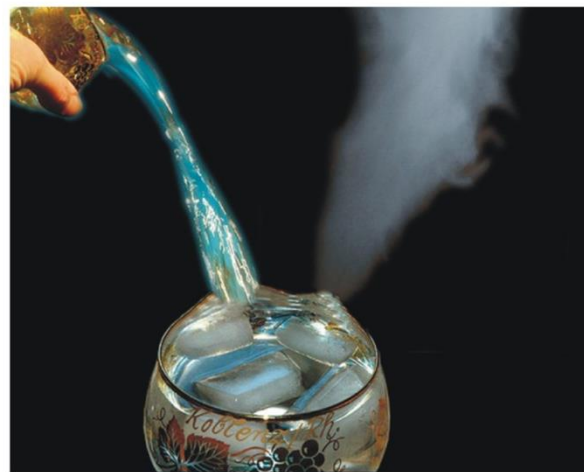
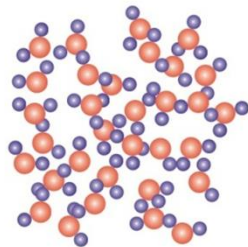
II. Aggregatzustände

1. Allgemeine Beschreibung

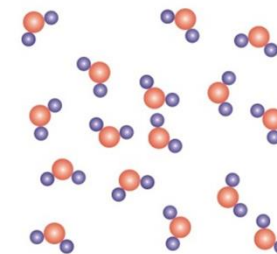
	 T		
	Fest	Flüssig	Gasförmig
Eigenvolumen	+	+	-
Eigenform	+	-	-



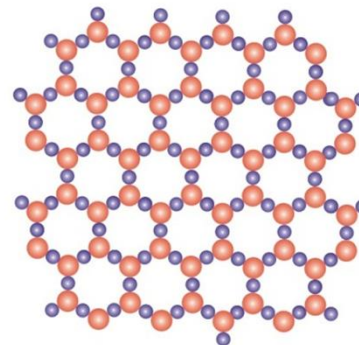
flüssiges H₂O
WASSER



gasförmiges H₂O
DAMPF



festes H₂O
EIS



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

Anziehende Wechselwirkungen

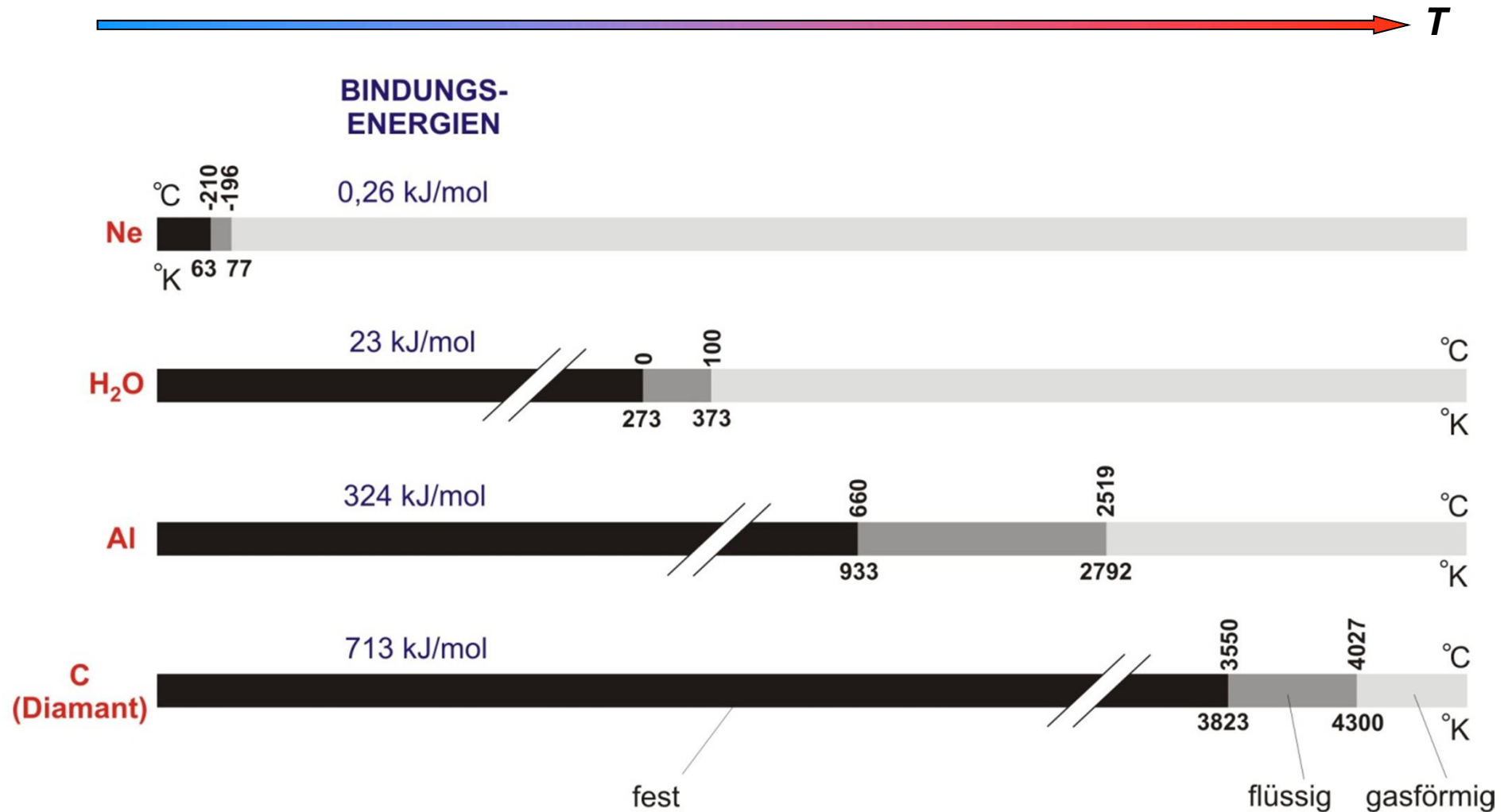


Bewegungen

Bindungsenergie



Bewegungsenergie



Die Temperaturskala ist verzerrt dargestellt!

3. Kinetische Deutung der Temperatur:

a) Gleichverteilungssatz (Äquipartitionstheorem)

durchschnittliche Bewegungsenergie **eines** Teilchens

Freiheitsgrad

$$\overline{E}_{\text{kin}} = \frac{f}{2} kT$$

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

Temperatur

$kT = \text{„thermische Energie“}$

z.B.: Bei Gasen

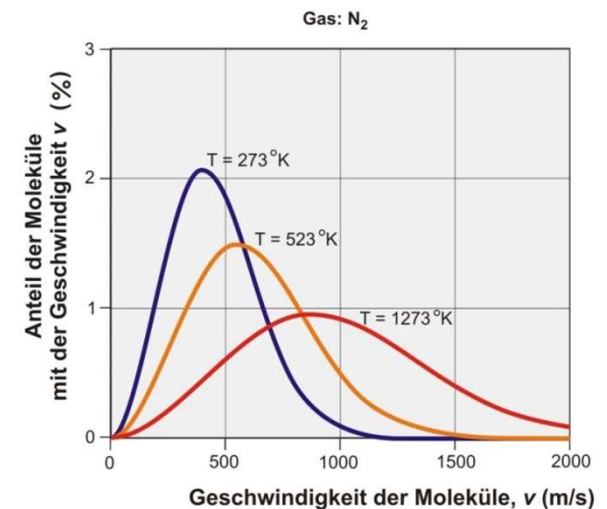
durchschnittliche kinetische Energie **eines** Teilchens

Drei Bewegungsmöglichkeiten in x,y,z Richtungen

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

Masse **eines** Teilchens

Geschwindigkeit des Teilchens

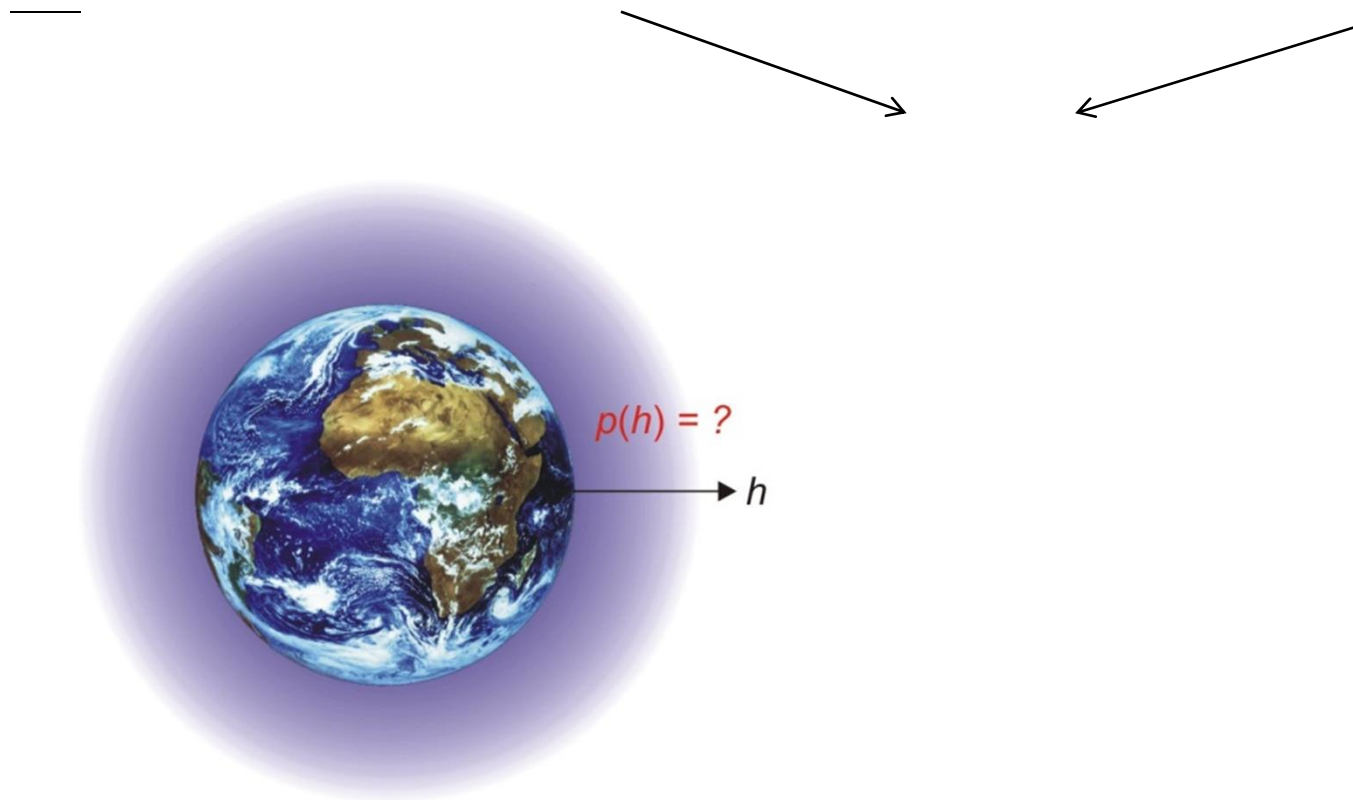


b) Ein weiteres Beispiel für das Gleichgewicht zwischen die Anziehungskräfte und Bewegungen: Barometrische Höhenformel (Gas im Gravitationsfeld)

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



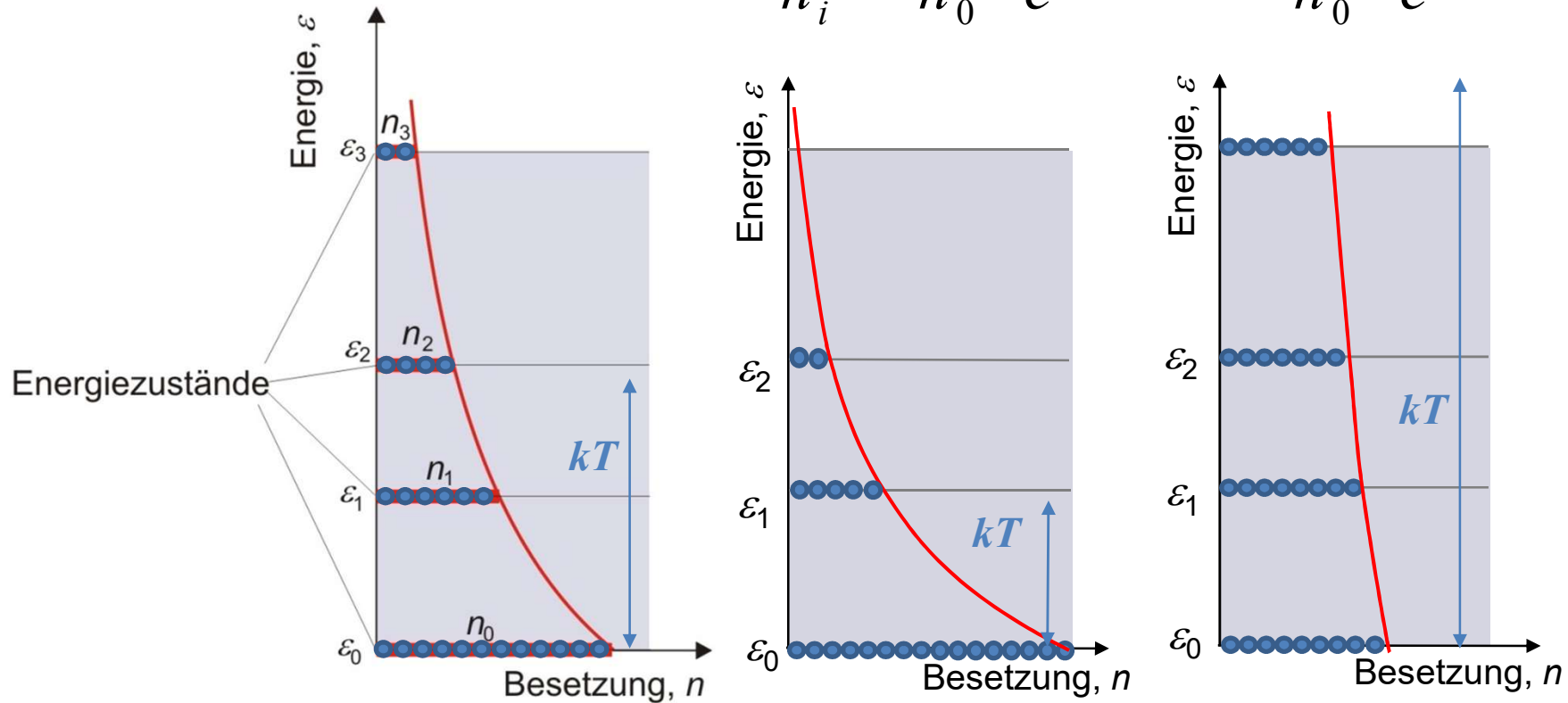
Bewegung
(ohne Gravitation)



c) Boltzmann-Verteilung

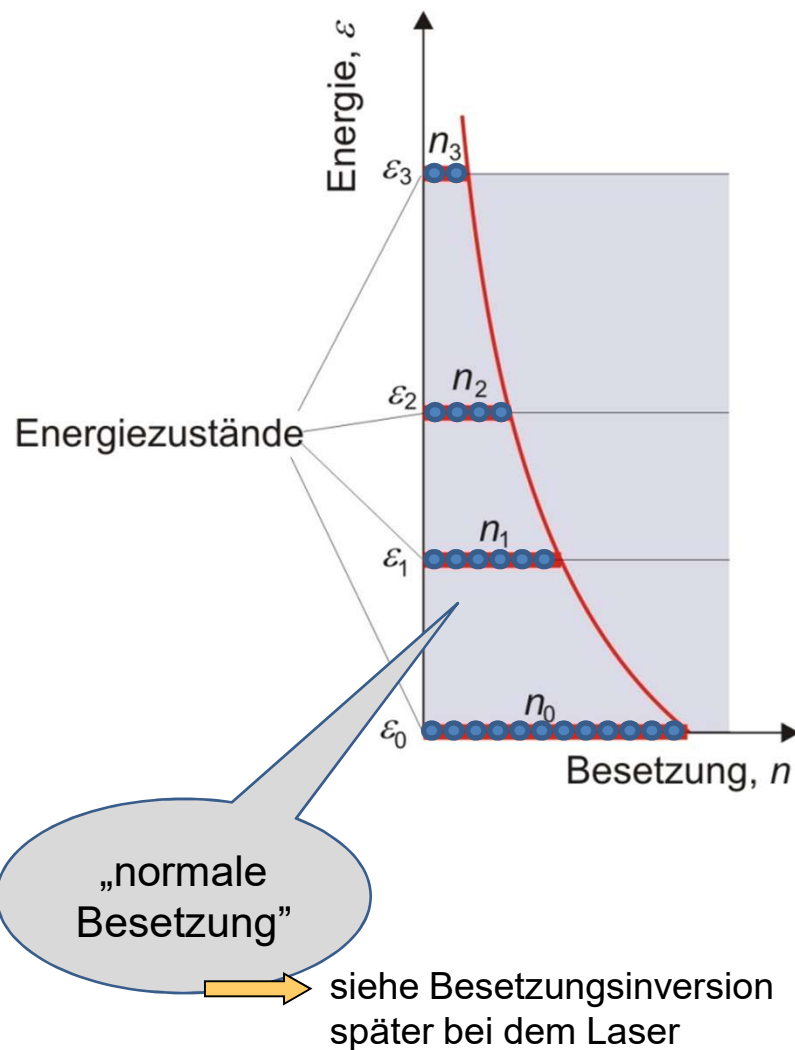
Die Verteilung der Teilchen auf die Energiezustände im thermischen Gleichgewicht ($T = \text{konstant}$).

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



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
- ...

Hausaufgaben:

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

