

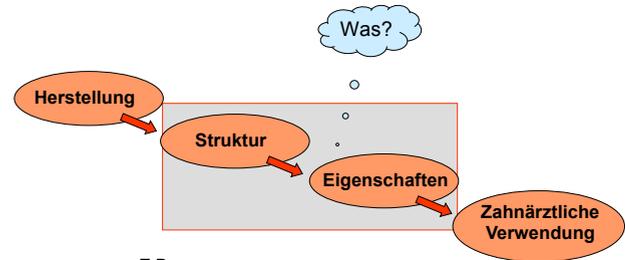


## Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

Einführung

Warum?

1



Z.B.:



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.."

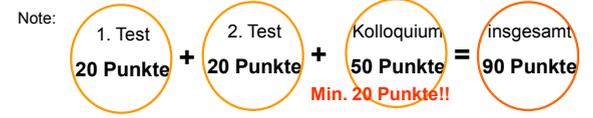
(Konfuzius)



3

## Nützliche Infos

- Tölgyesi Ferenc, Dozent ([tolgyesi.ferenc@med.semmelweis-univ.hu](mailto:tolgyesi.ferenc@med.semmelweis-univ.hu))
- Institut für Biophysik und Strahlenbiologie Webseite: <http://biofiz.semmelweis.hu>
- Tölgyesi, Derka, Módos: Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde, elektronisches Lehrbuch (erreichbar auf der Webseite des Instituts)
- 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:
  - 7. Studienwoche 21. Oktober (Dienstag) 18:30-19:15, EOK Szent-Görgyi Hörsaal
  - 13. Studienwoche 02. Dezember (Dienstag) 19:15-20:00, EOK Szent-Görgyi Hörsaal
- Konsultationen:
  - 7. Studienwoche 20. Oktober (Montag) 17:00-18:15, EOK Biophysiklabor
  - 13. Studienwoche 01. Dezember (Montag) 17:00-18:15, EOK Biophysiklabor
- Prüfungsform: Kolloquium (mündlich); Prüfungsstoff: Skripte + Lehrbuch



Ab 45 Punkte: 2 Ab 55 Punkte: 3 Ab 65 Punkte: 4 Ab 75 Punkte: 5 😊

4

Woche	Datum	Thema
1. Test	1	11.09. <b>Struktur der Materie</b> Atomare Wechselwirkungen, Bindungen, Multiatomare Systeme: Gase, Boltzmann-Verteilung
	2	18.09. Flüssigkeiten, feste Körper, Flüssigkristalle
	3	25.09. Kohäsion, Adhäsion, Grenzflächenscheinungen: Phase, Phasendiagramm, Phasenumwandlungen
	4	02.10. Strukturuntersuchungsmethoden (Mikroskopie, Diffraktion, Spektroskopie)
	5	09.10. Materialfamilien: Metalle, Legierungen, Keramiken, Polymere, Komposite
	6	16.10. <b>Eigenschaften der Materialien</b> Mechanische Eigenschaften 1: Elastisches Verhalten
7	23.10. -----(unterrichtsfreier Tag)	
2. Test	8	30.10. Mechanische Eigenschaften 2: Plastische Verformung, Bruch, Härte
	9	06.11. Mechanische Eigenschaften 3: Viskoelastisches Verhalten, Materialermüdung, Verschleiß
	10	13.11. Thermische und elektrische Eigenschaften
	11	20.11. Optische Eigenschaften. Vergleichende Zusammenfassung der Eigenschaften
	12	27.11. <b>Biomechanik</b> Struktur und mechanische Eigenschaften von biologischen Geweben
	13	04.12. Biomechanische Grundlagen der Implantologie
	14	11.12. Biomechanische Grundlagen der Kieferorthopädie (Gastvortragende: Dr. Nemes Bálint, Klinik für Kinderzahnheilkunde und Kieferorthopädie)

5



## Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

### 1. Struktur der Materie

Atomare Wechselwirkungen. Multiatomare Systeme - Gase

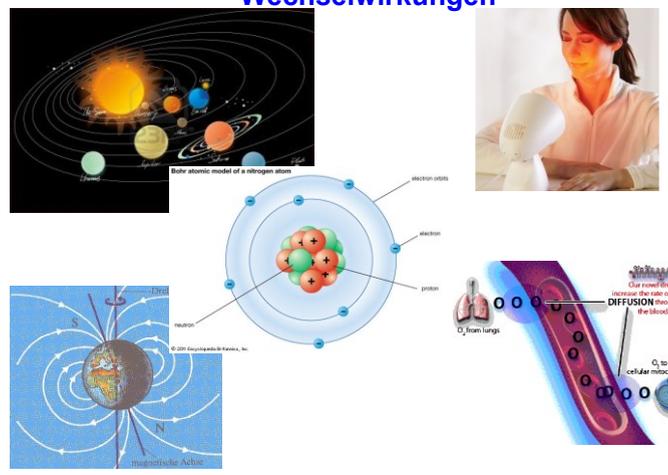
- Schwerpunkte:**
- ❖ Wechselwirkungen und ihre Bedeutung
  - ❖ Beschreibung der W.w. – Wiederholung des gymnasialen Stoffes
  - ❖ Energiekurve der atomaren und molekularen W.w.
  - ❖ Kinetische Deutung der Temperatur
  - ❖ Boltzmann-Verteilung

**Kapitel des Lehrbuches:**  
1, 2, 3

**Aufgaben:**  
1. Abschnitt:  
1, 3, 9, 10, 13, 17, 19

6

## Wechselwirkungen



7

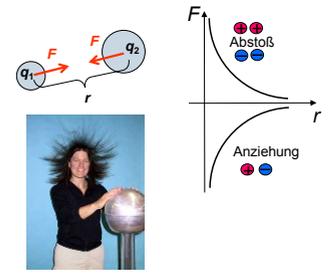
## Wiederholung

Formänderung (Deformation) / Bewegungsänderung

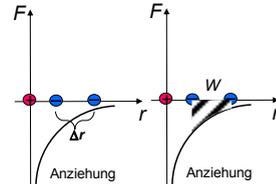
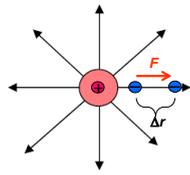
Wechselwirkung!! • Kraft (F):  $F = m \cdot a$  ( $\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \text{N}$  (Newton))

• 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:  $W = \int F dr$  ]

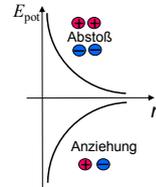
• Energie (E): die im System gespeicherte Arbeit (J)

• elektrische potenzielle Energie ( $E_{pot}$ ):  $E_{pot} = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r}$

• Bewegungs- (kinetische) Energie ( $E_{kin}$ ):  $E_{kin} = \frac{1}{2} mv^2$

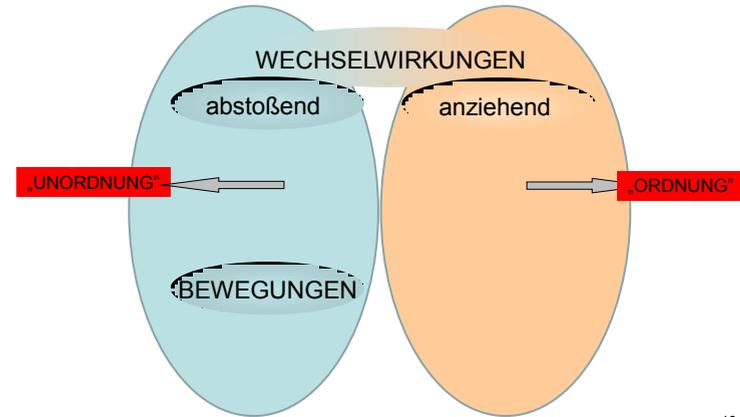
• Lage- (potenzielle) Energie ( $E_{pot}$ ):  $E_{pot} = mgh$

$$E_{pot} = -\gamma \frac{m_1 \cdot m_2}{r}$$

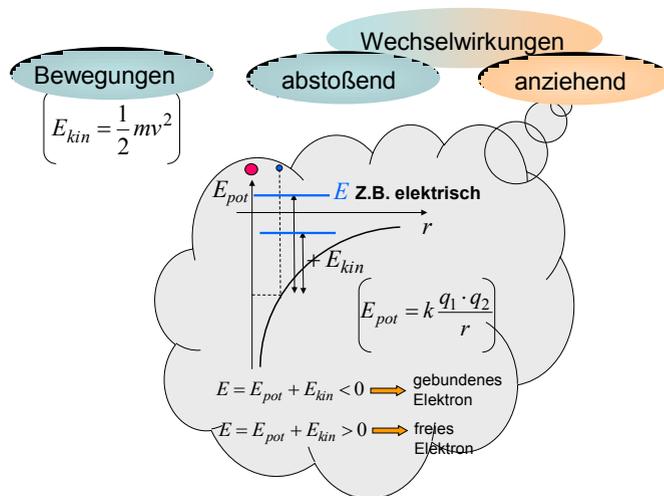


9

## Allgemeine Prinzipien des Aufbaus von Körpern



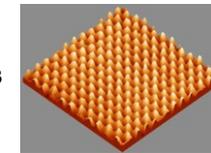
10



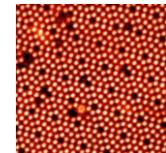
11

## Atomarer Aufbau der Materie

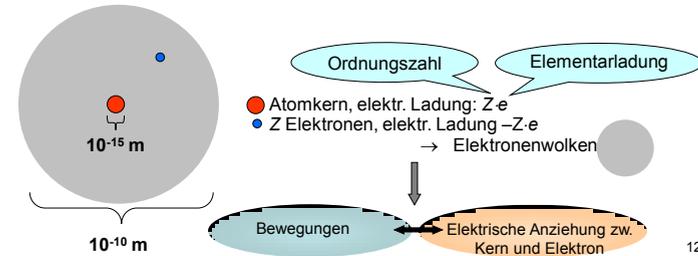
- Demokritos 5. Jht v. Chr.
- Daltonsches Gesetz 1803
- Moderne Mikroskope:



Graphit

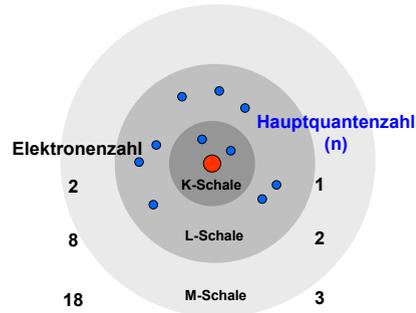


Si Kristall mit Defekten

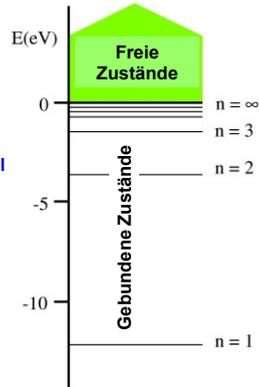


12

- Energieminimum
- Diskrete Energiezustände
- Pauli-Prinzip

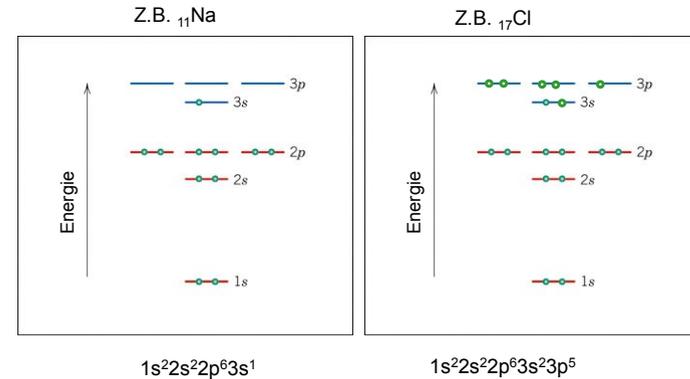


Eine „neue“ Maßeinheit:  
Elektronenvolt (eV), es gilt  
 $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$



13

### Elektronenkonfiguration:

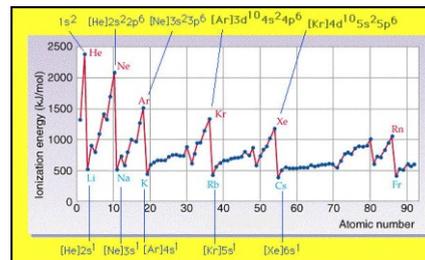


14

## Elektronegativität

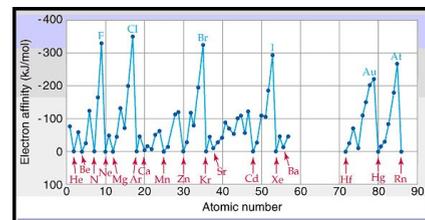
### Ionisierungsenergie (I):

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



### Elektronaffinität (A):

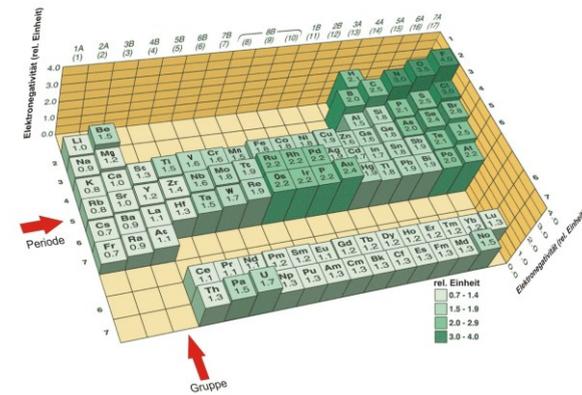
Bei der Aufnahme eines Elektrons freigesetzte Energie (eV/Atom; kJ/mol)



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

15

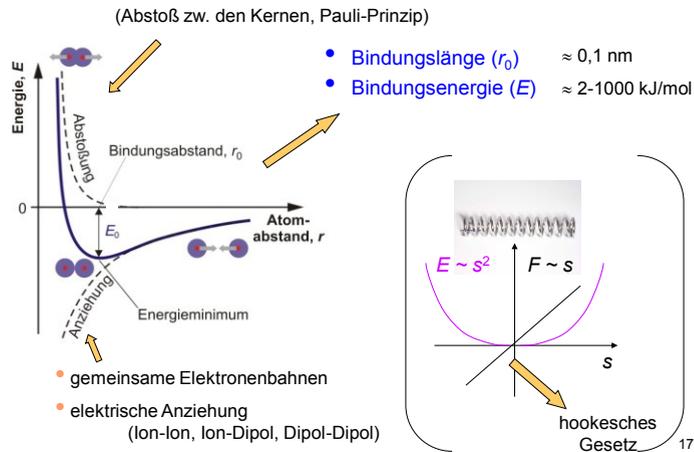
### Pauling-Skala:



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

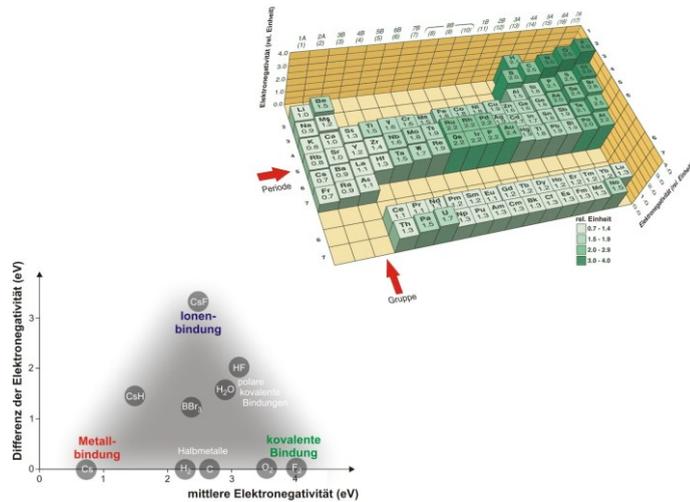
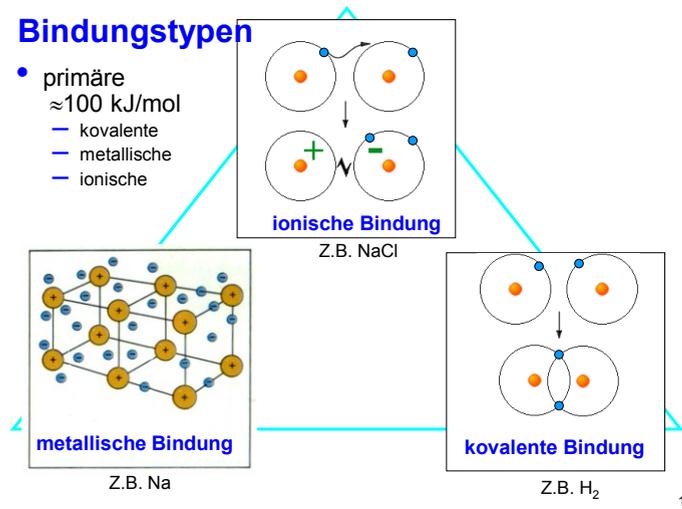
16

# Atomare Wechselwirkungen

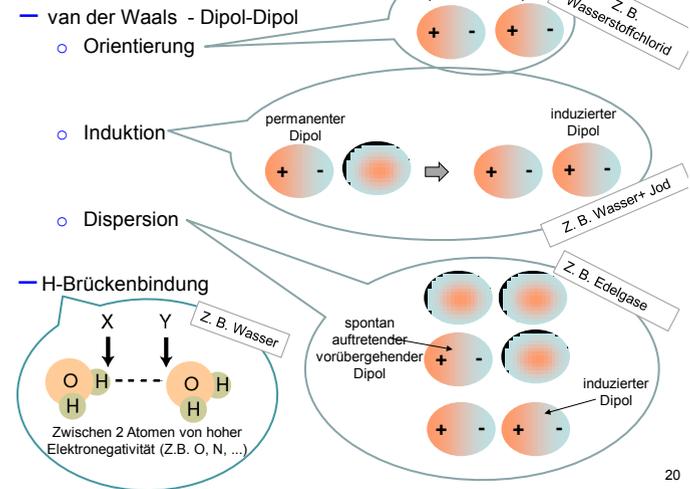


# Bindungstypen

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



- sekundäre (schwache)  $\approx 10$  kJ/mol

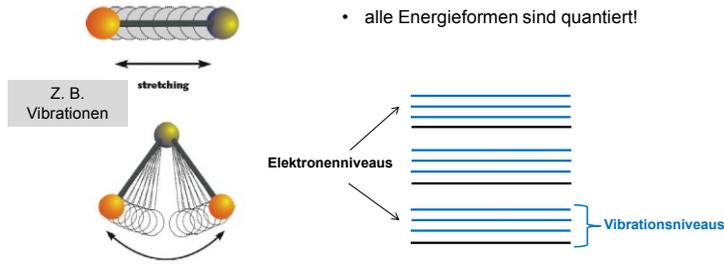


Das Thema ist in dem Lehrbuch nicht zu finden!

## Energiezustände in Molekülen

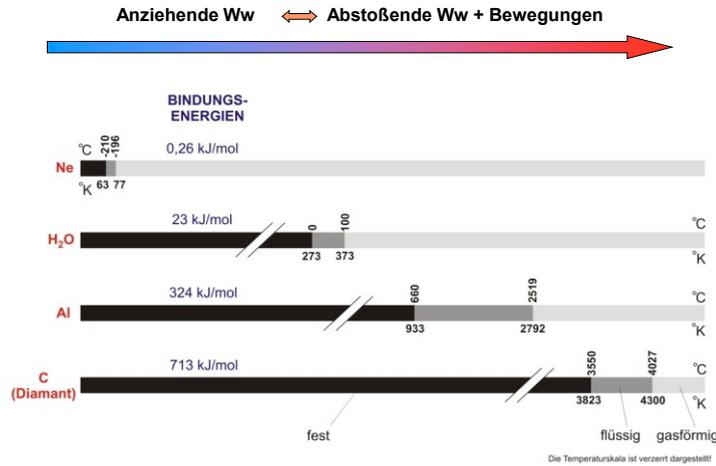
$$E_{\text{Molekül}} = E_{\text{Elektron}} + E_{\text{Vibration}} + E_{\text{Rotation}}$$

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



- alle Energieformen sind quantiert!

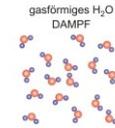
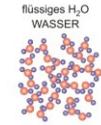
(Rotationsniveaus sind nicht gezeigt.) 21



23

## Aggregatzustände

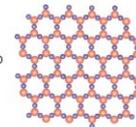
	Fest	Flüssig	Gasförmig
Eigenvolumen	+	+	-
Eigenform	+	-	-



Dichte ( $\rho$ ):

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

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



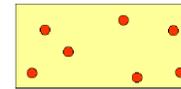
Spezifisches Volumen ( $v$ ):

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



22

## Gase



makroskopische Beschreibung:

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

Druck    Volumen    Stoffmenge

$p, V, \nu, T$     Temperatur

$$pV = \nu RT$$

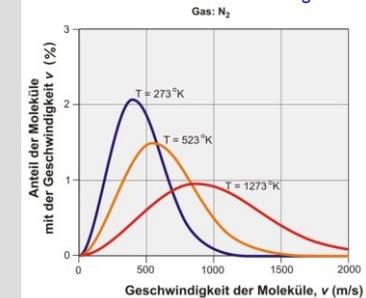
(für ideale Gase)

Mikroskopische Beschreibung:

- Ungeordnet
- Starke und fast freie Bewegung

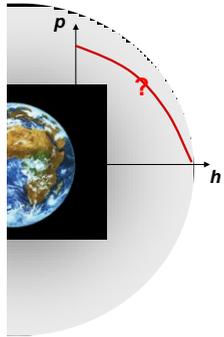
$$\frac{1}{2} m \overline{v^2} = \frac{3}{2} kT$$

Maxwell-Boltzmann-Verteilung



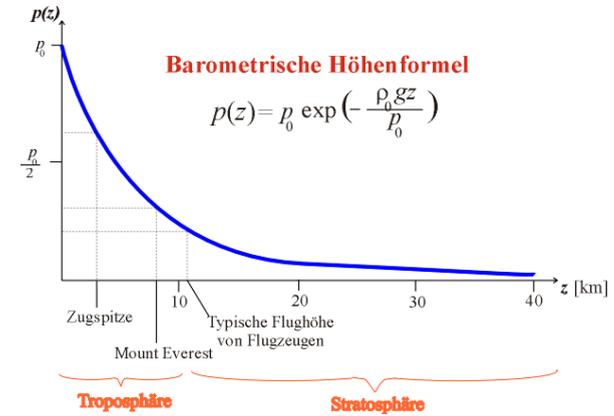
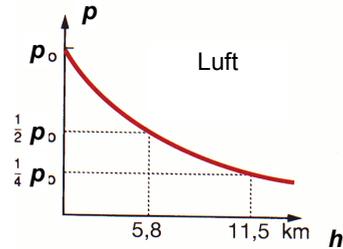
24

**Gas im Gravitationsfeld –  
barometrische Höhenformel:**



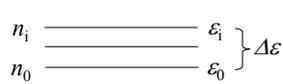
Im thermischen Gleichgewicht:

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

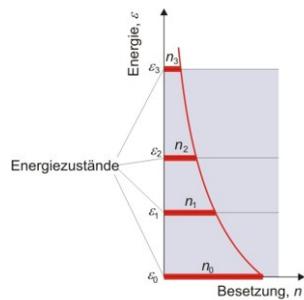


**Boltzmann-Verteilung im Allgemeinen**

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



$$n_i = n_0 \cdot e^{-\frac{\epsilon_i - \epsilon_0}{kT}}$$



$$\left( \begin{aligned} n_i &= n_0 \cdot e^{-\frac{\Delta \epsilon}{kT}} = n_0 \cdot e^{-\frac{\Delta E}{RT}} \\ \Delta E &= \Delta \epsilon \cdot N_A \\ R &= k \cdot N_A \end{aligned} \right)$$

**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
- ...

**Nächste Vorlesung:  
Kapitel 4 und 5**