

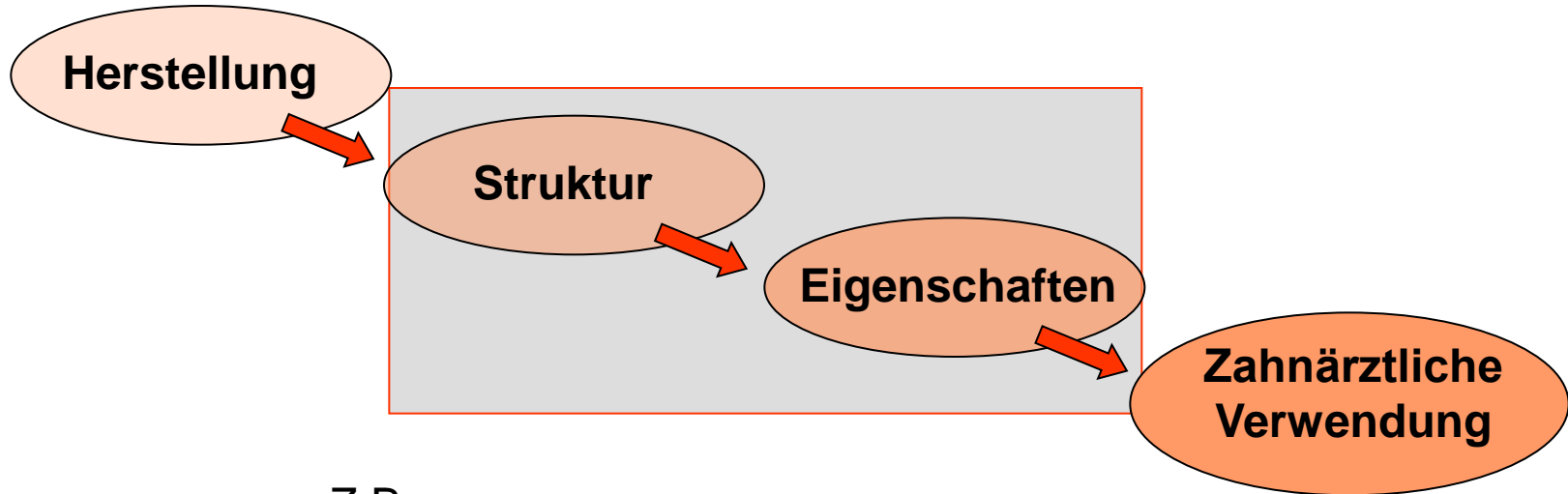


# Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

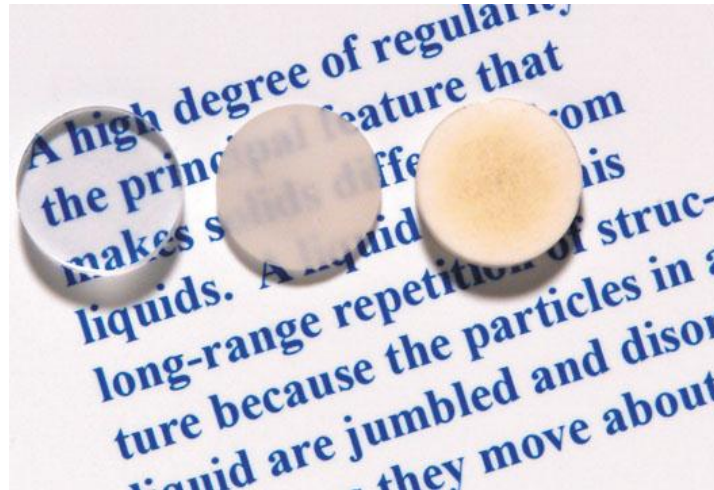
1.

Einführung

Warum?



Z.B.:



alle:  $\text{Al}_2\text{O}_3$  !

Was?

Woche	Datum	Thema
1	14.09.	<b>Struktur der Materie</b> Atomare Wechselwirkungen, Bindungen. Multiatomare Systeme: Gase, Boltzmann-Verteilung
2	21.09.	Flüssigkeiten, feste Körper, Flüssigkristalle
3	28.09.	Kohäsion, Adhäsion, Grenzflächenerscheinungen. Phase, Phasendiagramm, Phasenumwandlungen
4	05.10.	Strukturuntersuchungsmethoden (Mikroskopie, Diffraktion, Spektroskopie)
5	12.10.	Metalle, Legierungen
6	19.10.	Keramiken, Polymere, Komposite
7	26.10.	<b>Eigenschaften der Materialien</b> Mechanische Eigenschaften 1: Elastisches Verhalten
8	02.11.	Mechanische Eigenschaften 2: Plastische Verformung, Bruch, Härte
9	09.11.	Mechanische Eigenschaften 3: Viskoelastisches Verhalten, Materialermüdung, Verschleiß
10	16.11.	Thermische und elektrische Eigenschaften
11	23.11.	Optische Eigenschaften. Vergleichende Zusammenfassung der Eigenschaften
12	30.11.	<b>Biomechanik</b> Struktur und mechanische Eigenschaften von biologischen Geweben
13	07.12.	Biomechanische Grundlagen der Implantologie
14	14.12.	Biomechanische Grundlagen der Kieferorthopädie (Gastvortragende: Dr. Topa Orsolya, Klinik für Kinderzahnheilkunde und Kieferorthopädie)

Wie?

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

(Konfuzius)



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)

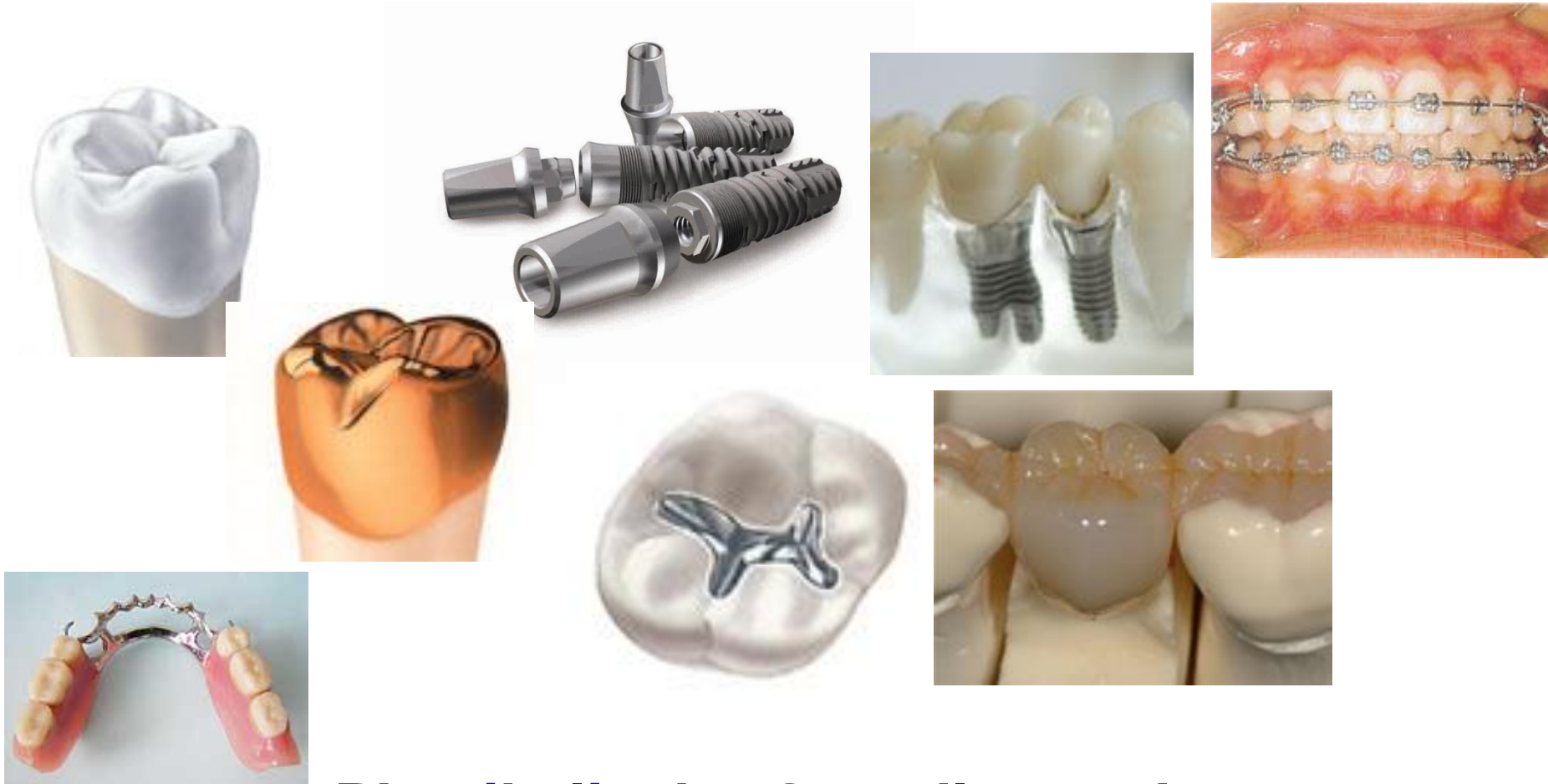
# Nützliche Infos

- Tölgyesi Ferenc, Dozent ([ferenc.tolgyesi@eok.sote.hu](mailto:ferenc.tolgyesi@eok.sote.hu))  
Institut für Biophysik und Strahlenbiologie
- Webseite: <http://biofiz.sote.hu>
- 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. und 13. Woche
- Prüfungsform: Kolloquium (mündlich)  
Note:

$$\begin{array}{ccccc} \text{1. Test} & & \text{2. Test} & & \text{Kolloquium} & & \text{insgesamt} \\ \text{20 Punkte} & + & \text{20 Punkte} & + & \text{50 Punkte} & = & \text{90 Punkte} \\ & & & & \text{Min. 20 Punkte!!} & & \end{array}$$

Ab 40 Punkte: **2**    Ab 55 Punkte: **3**    Ab 70 Punkte: **4**    Ab 80 Punkte: **5** 😊





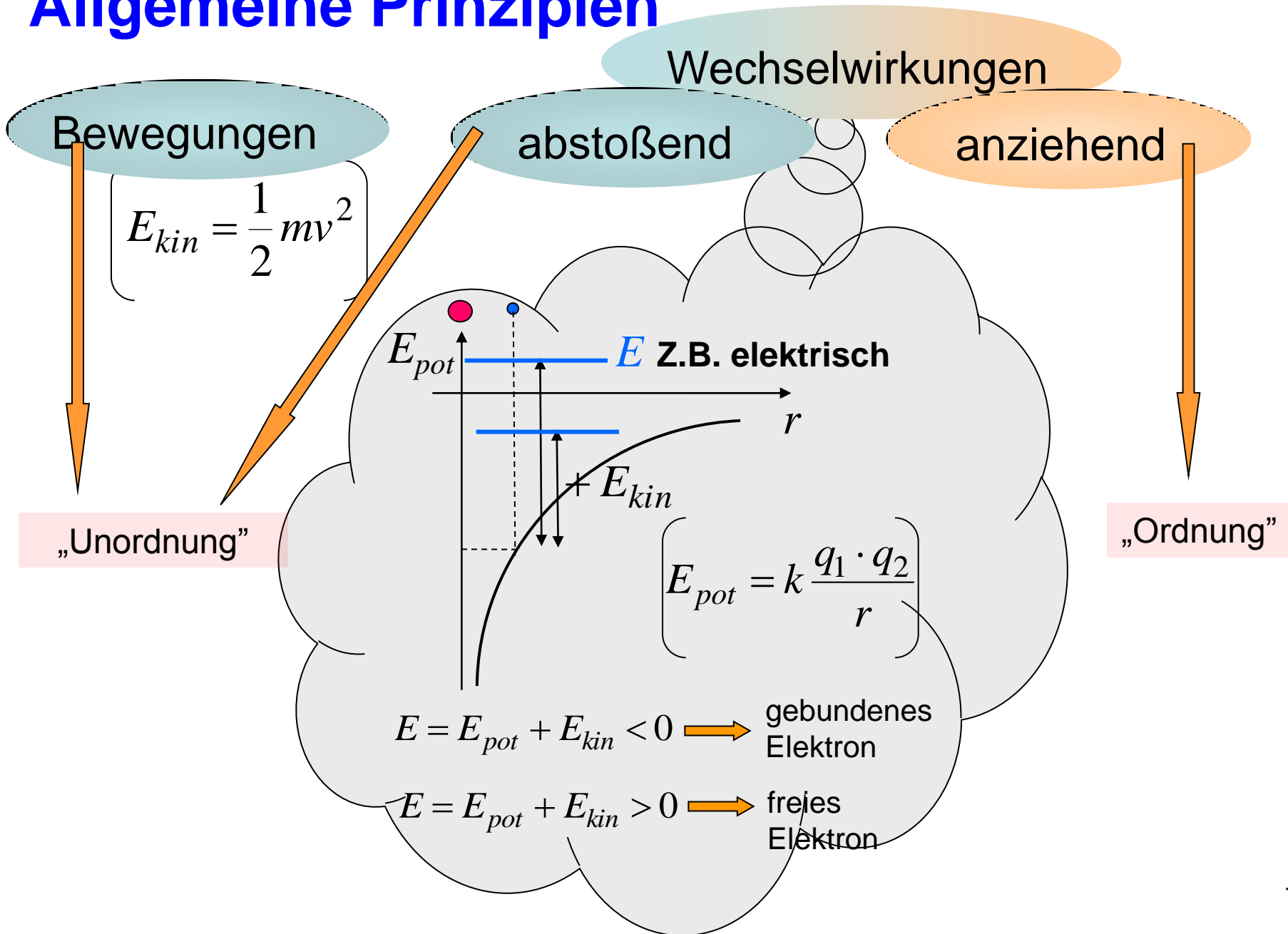
# Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

## 1.

### Struktur der Materie

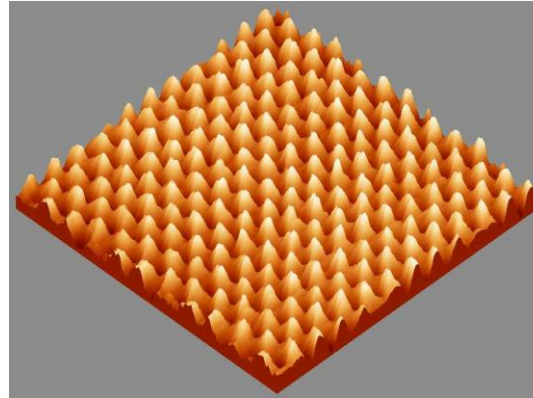
Atomare Wechselwirkungen. Multiatomare Systeme - Gase

# Allgemeine Prinzipien

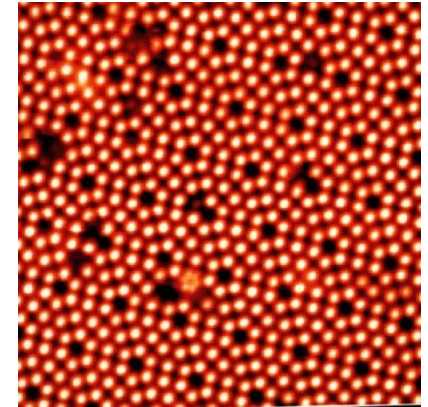


# Atomarer Aufbau der Materie

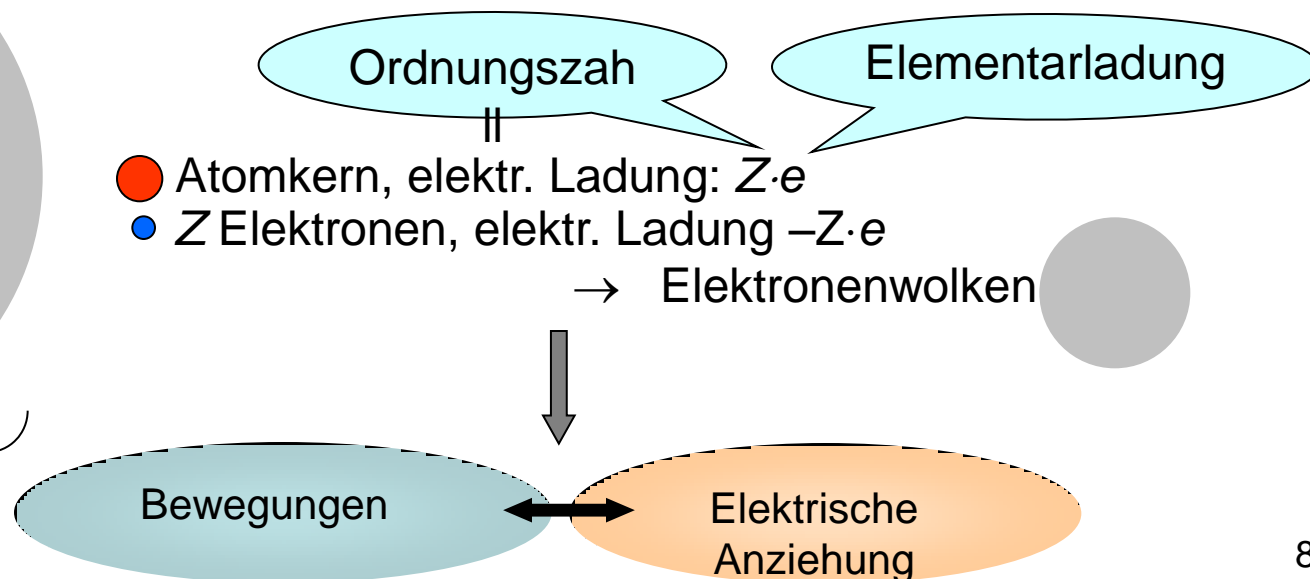
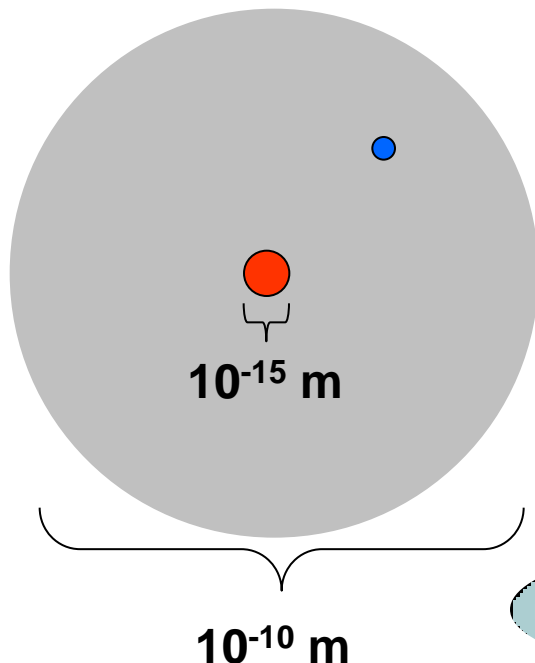
- Demokritos 5.Jht v.Chr.
- Daltonsches Gesetz 1803
- Moderne Mikroskope:



Graphit



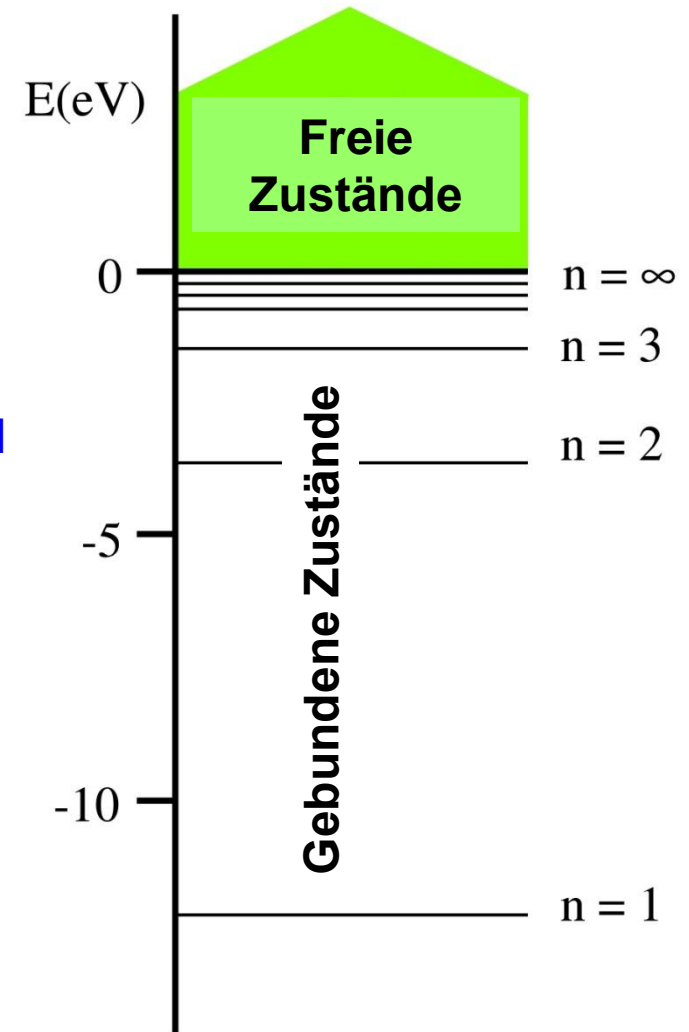
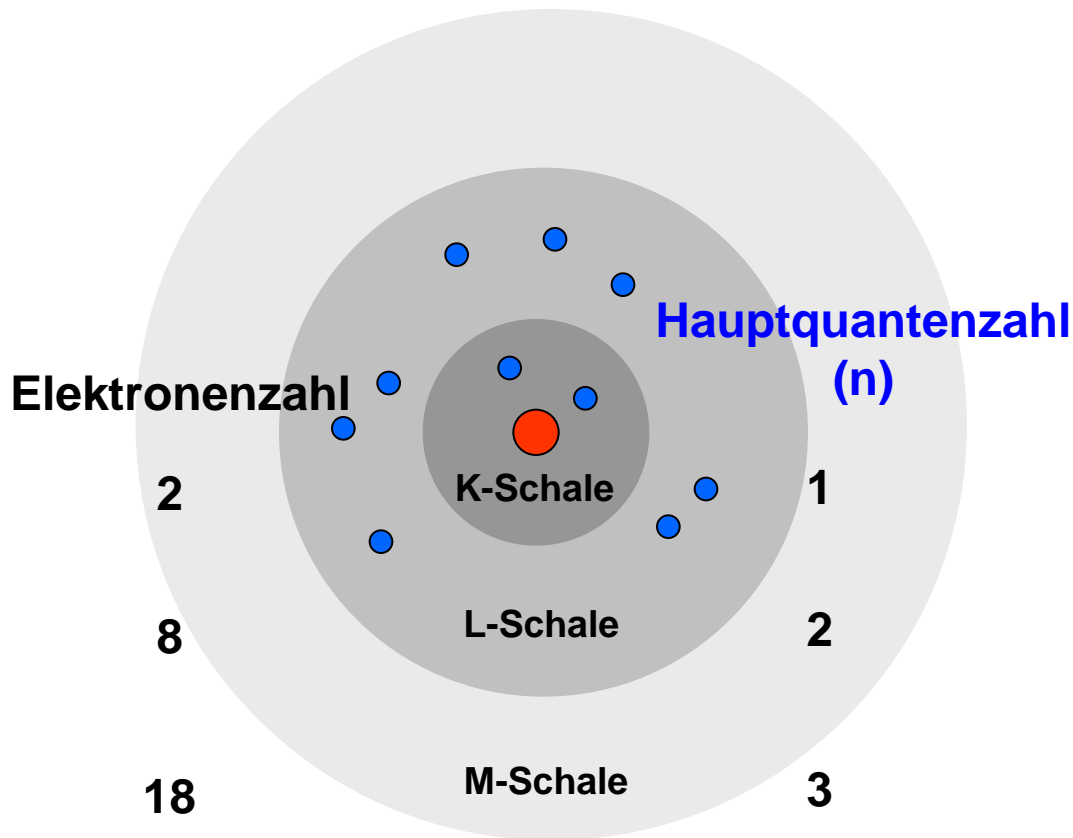
Si Kristall mit Defekten





- Energieminimum
- Diskrete Energiezustände
- Pauli-Prinzip

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



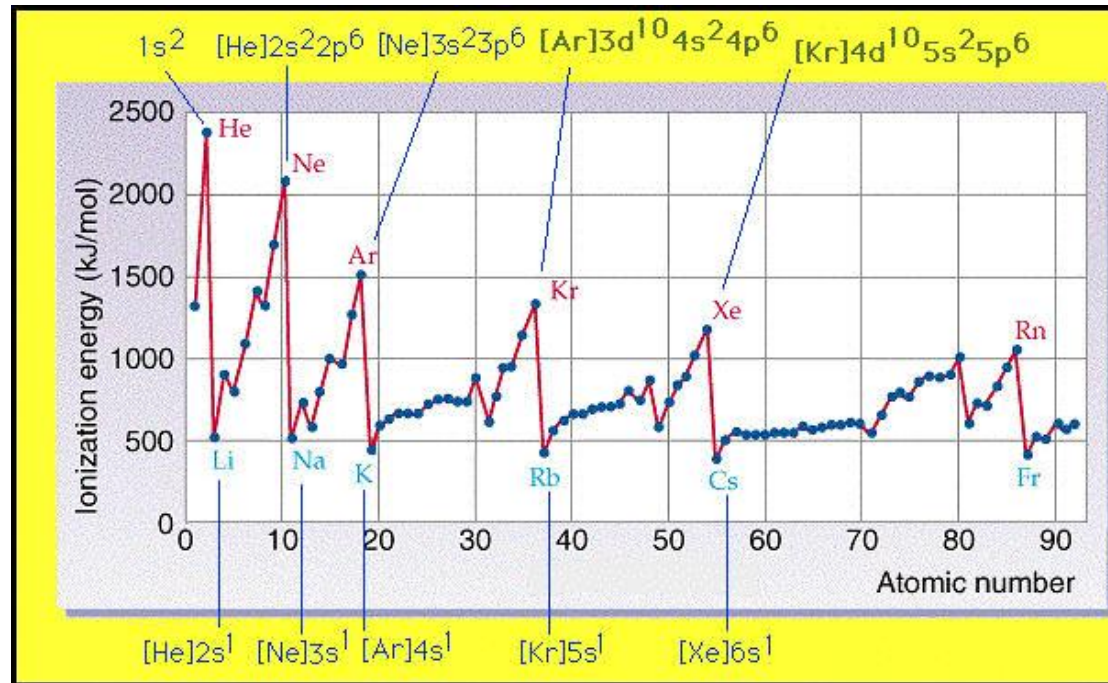
# Periodensystem

																		<div><div></div><div>Metal</div></div>			
																		<div><div></div><div>Nonmetal</div></div>			
																		<div><div></div><div>Intermediate</div></div>			

# Elektronegativität

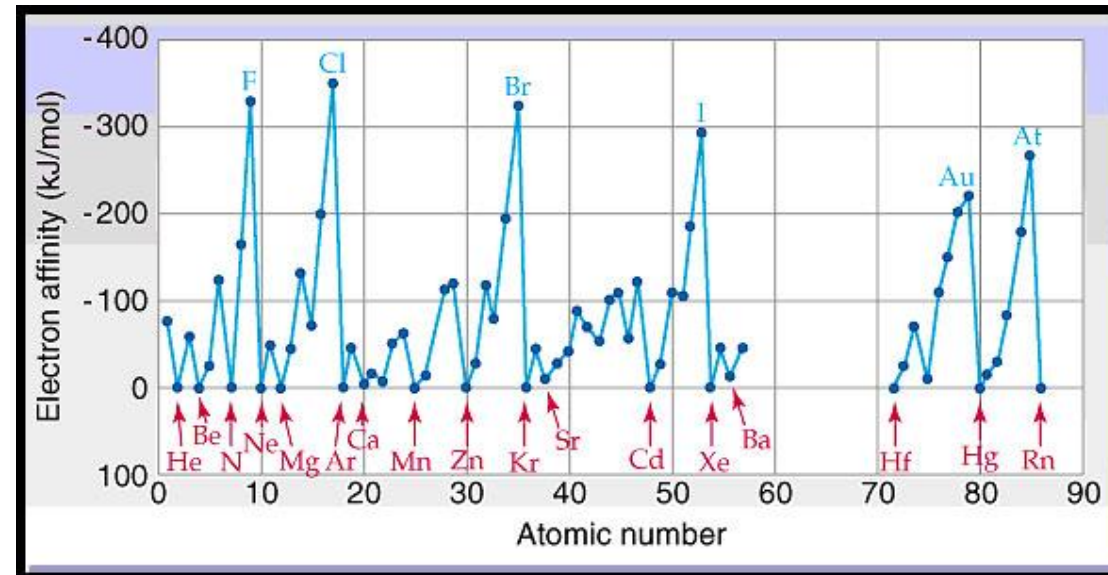
## Ionisationsenergie ( $I$ ):

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



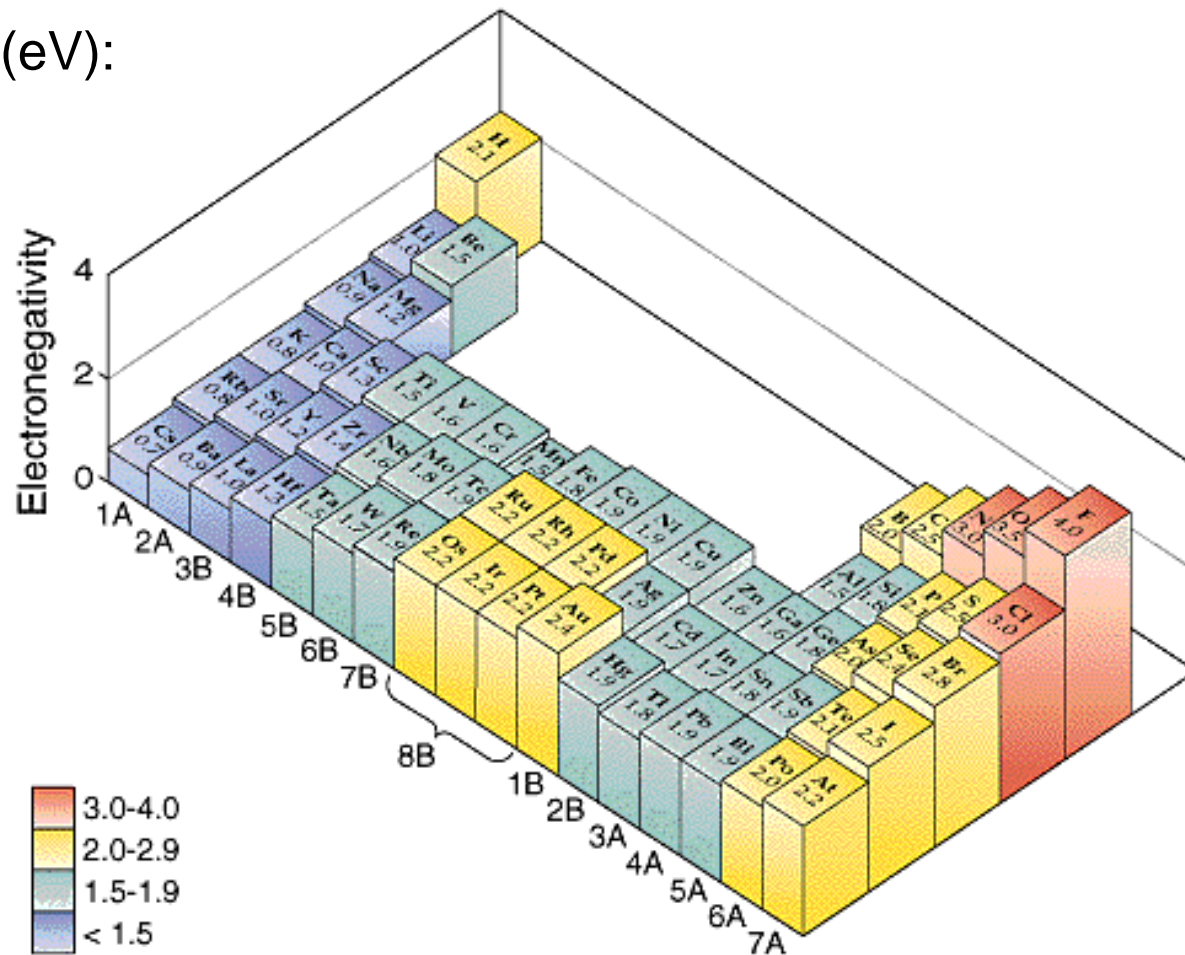
## Elektronaffinität ( $A$ ):

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

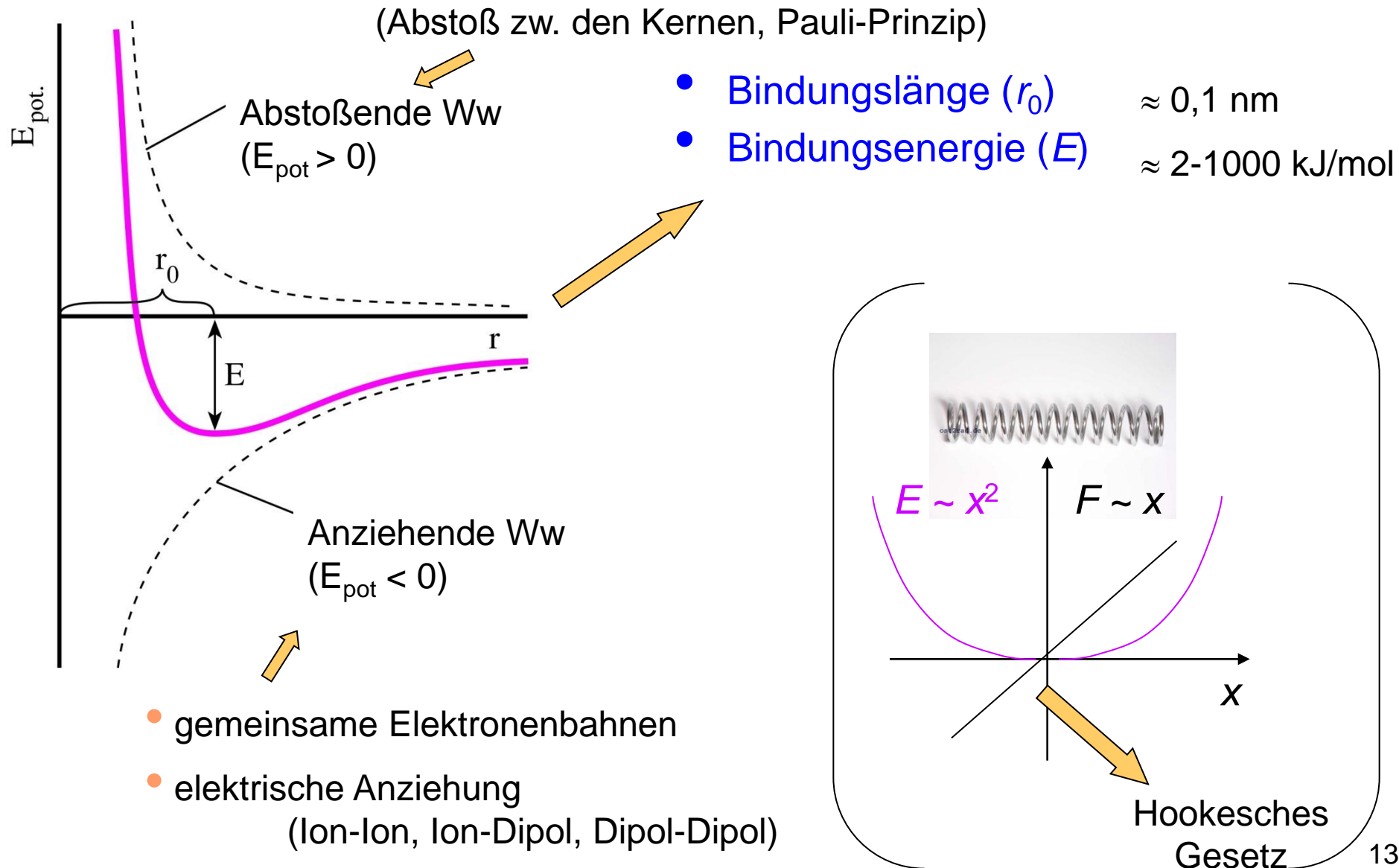


$$\text{Elektronegativität} = |I| + |A|$$

Pauling-Skala (eV):



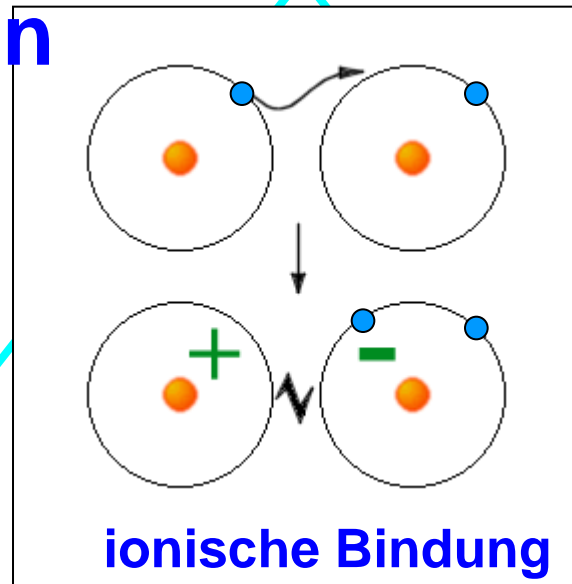
# Atomare Wechselwirkungen



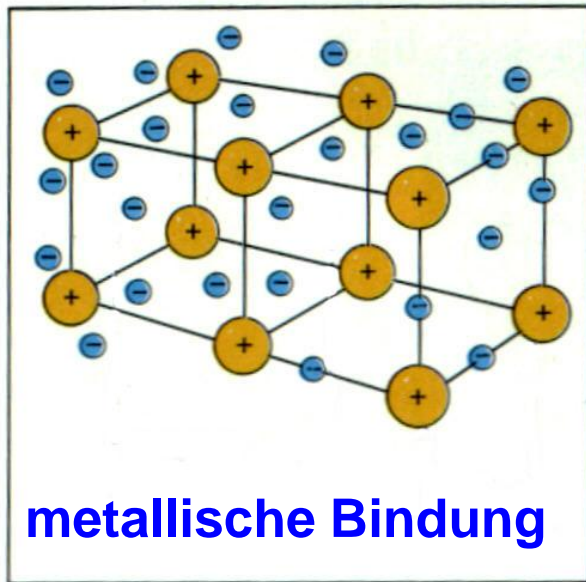


# Bindungstypen

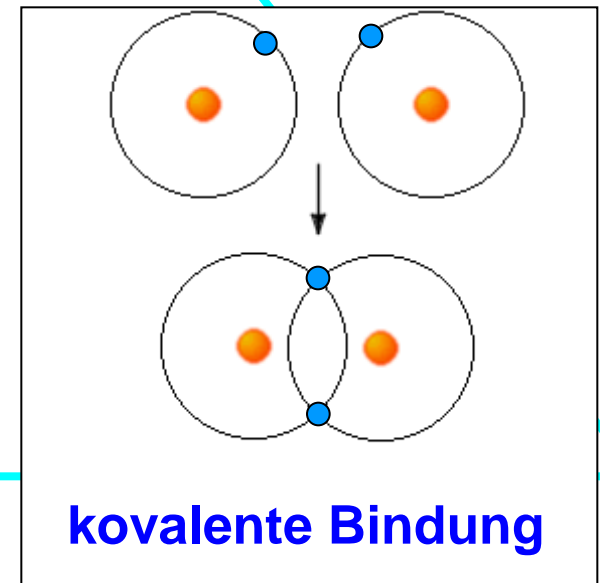
- primäre  
   $\approx 100 \text{ kJ/mol}$ 
  - kovalente
  - metallische
  - ionische



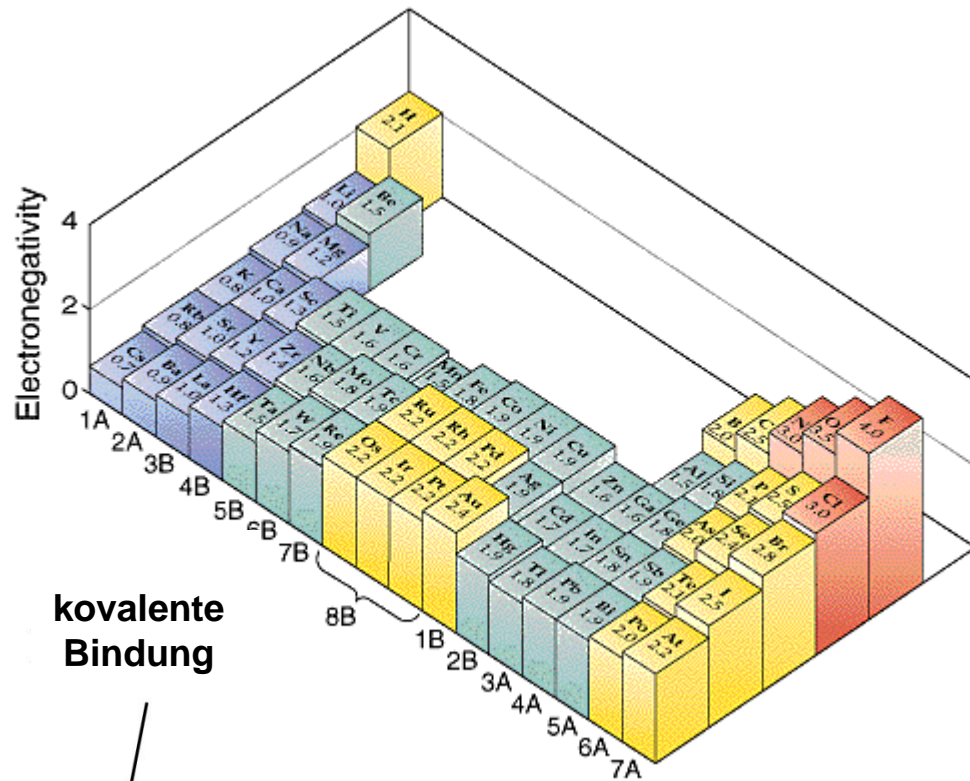
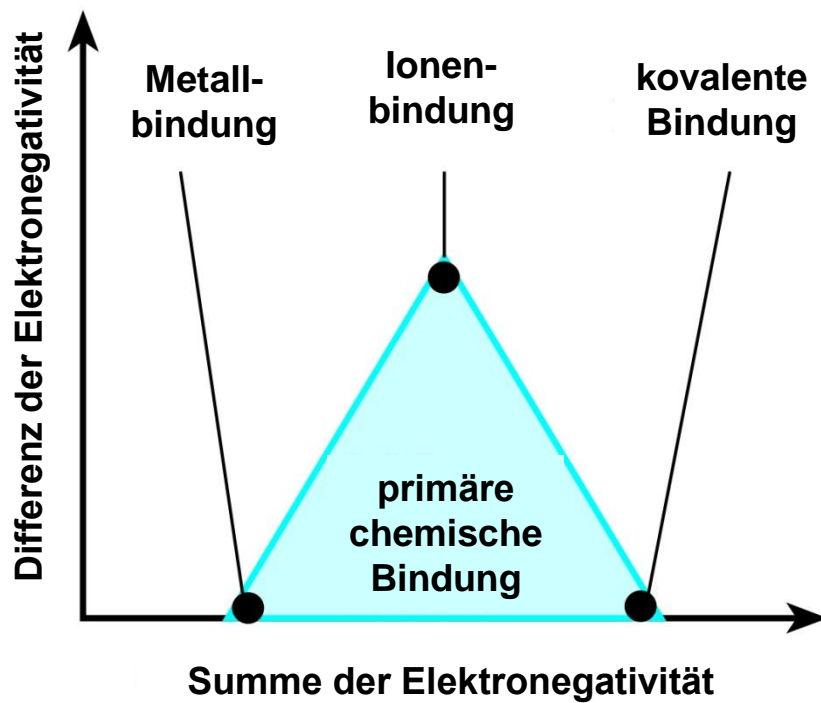
Z.B. NaCl



Z.B. Na

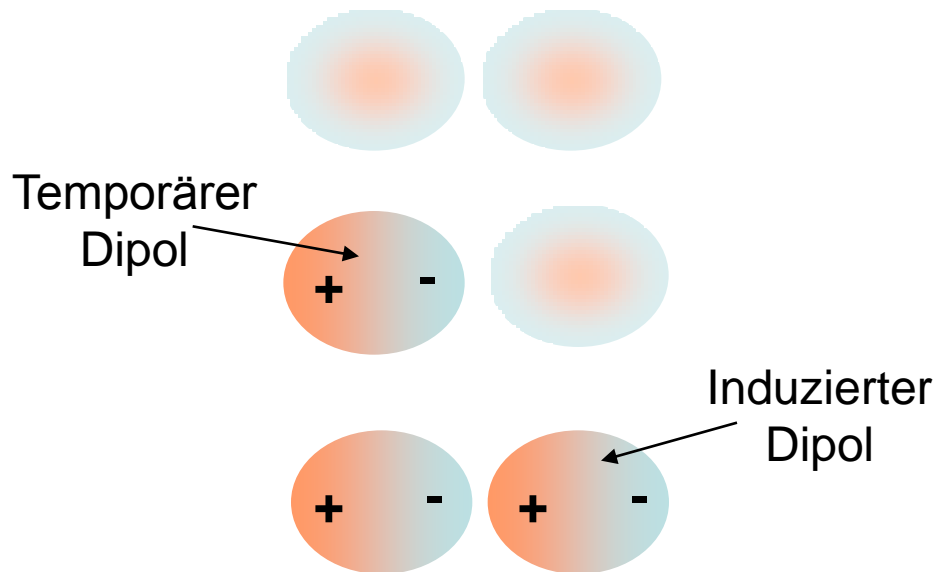


Z.B. H<sub>2</sub>



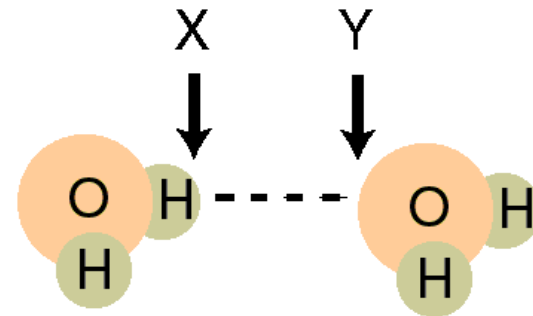
- sekundäre  $\approx 10$  kJ/mol
  - van der Waals (Orientierung, Induktion, Dispersion)
  - H-Brückenbindung

### van der Waals Bindung (Dispersionskräfte)



Z.B. Edelgas

### H-Brückenbindung



Zwischen 2 Atomen von hoher Elektronegativität (Z.B. O, N, ...)

Z.B. Wasser

# Aggregatzustände

Anziehende Ww  $\longleftrightarrow$  Abstoßende Ww + Bewegungen

$T (\sim E_{\text{kin}})$

Fest

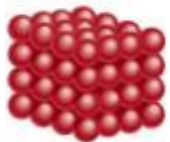
Flüssig

Gasförmig

Eigenvolumen	+	+	-
Eigenform	+	-	-

Kristallin  
(Festkörper)

Amorf



- Fernordnung
- Kristallgitter

- Nahordnung

- ungeordnet

Dichte ( $\rho$ ):

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

Spezifisches Volumen ( $v$ ):

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

## Dichtewerte:

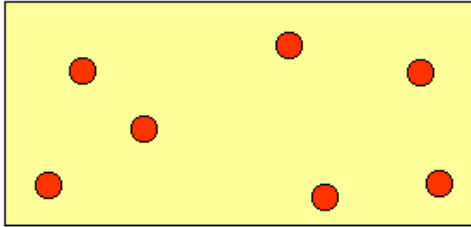
Weitere Maßeinheit:

$$1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$$

Stoff	$\rho \text{ (g/cm}^3\text{)}$
Zahnschmelz	2,2
Dentin	1,9
Wasser	1
Amalgam	$\approx 12$
Gold	19,3
Goldlegierungen	12-17
Pd-Ag Legierungen	10-12
Co-Cr Legierungen	8-9
Ni-Cr Legierungen	$\approx 8$
Glas	2,2-2,7
Keramiken	1,6-3,9
Porzellan	2,2-2,4
Gips	2,31-2,76
PMMA (Polimethylmetakrilat)	$\approx 1,2$
Silikon	$\approx 1,4$



# Gase



## Makroskopische Beschreibung:

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

Druck

Volumen

Stoffmenge

$p, V, \nu, T$

Temperatur

$$pV = \nu RT$$

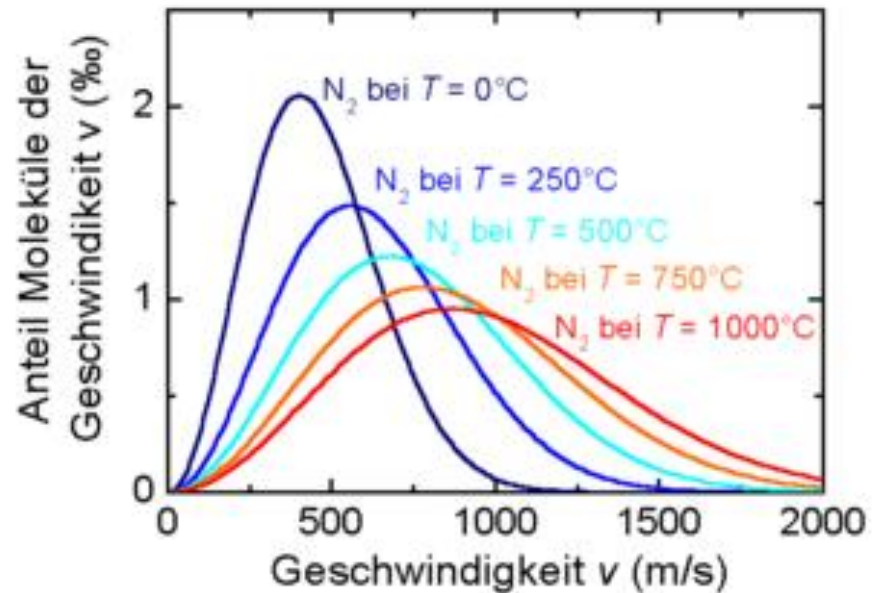
(für ideale Gase)

## Mikroskopische Beschreibung:

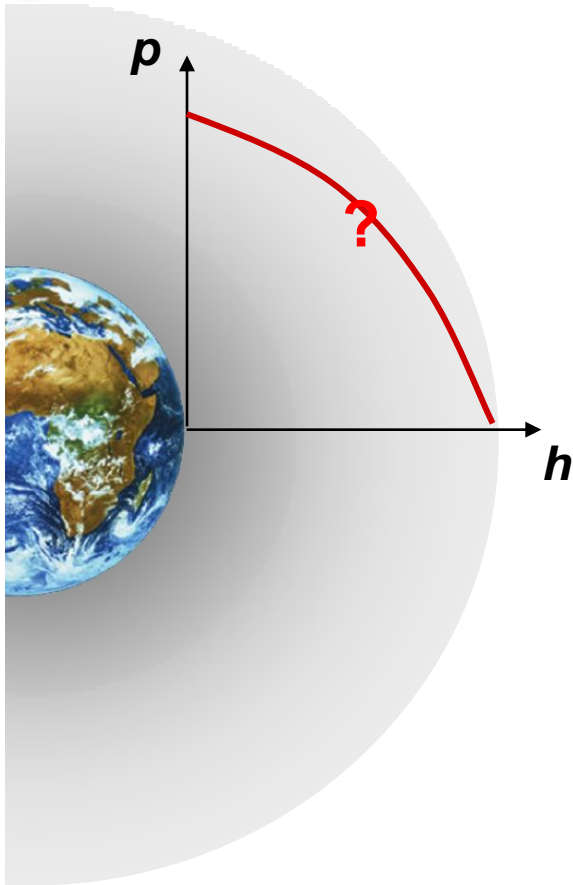
- Ungeordnet
- Starke und fast freie Bewegung

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

## Maxwell-Boltzmann- Verteilung

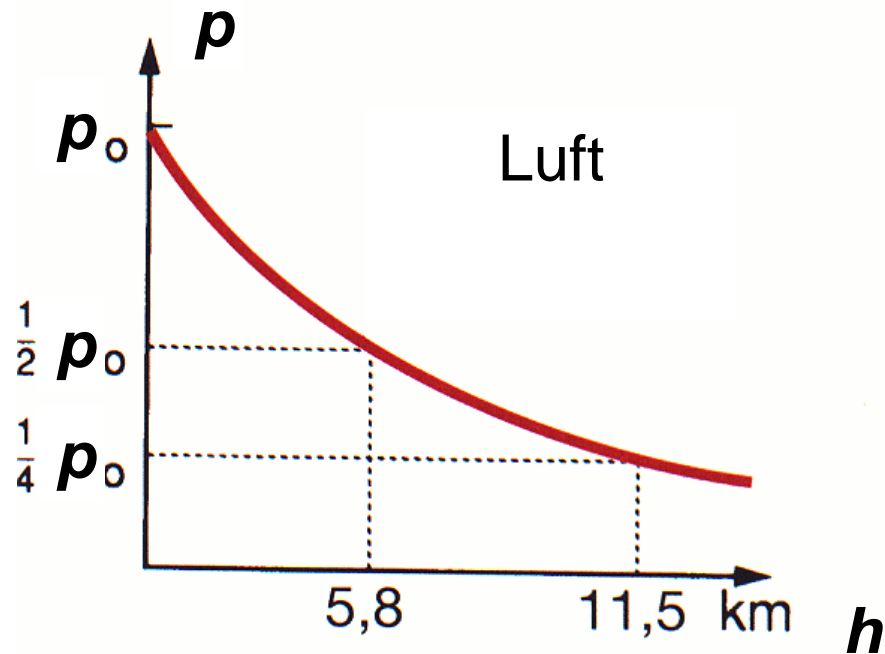


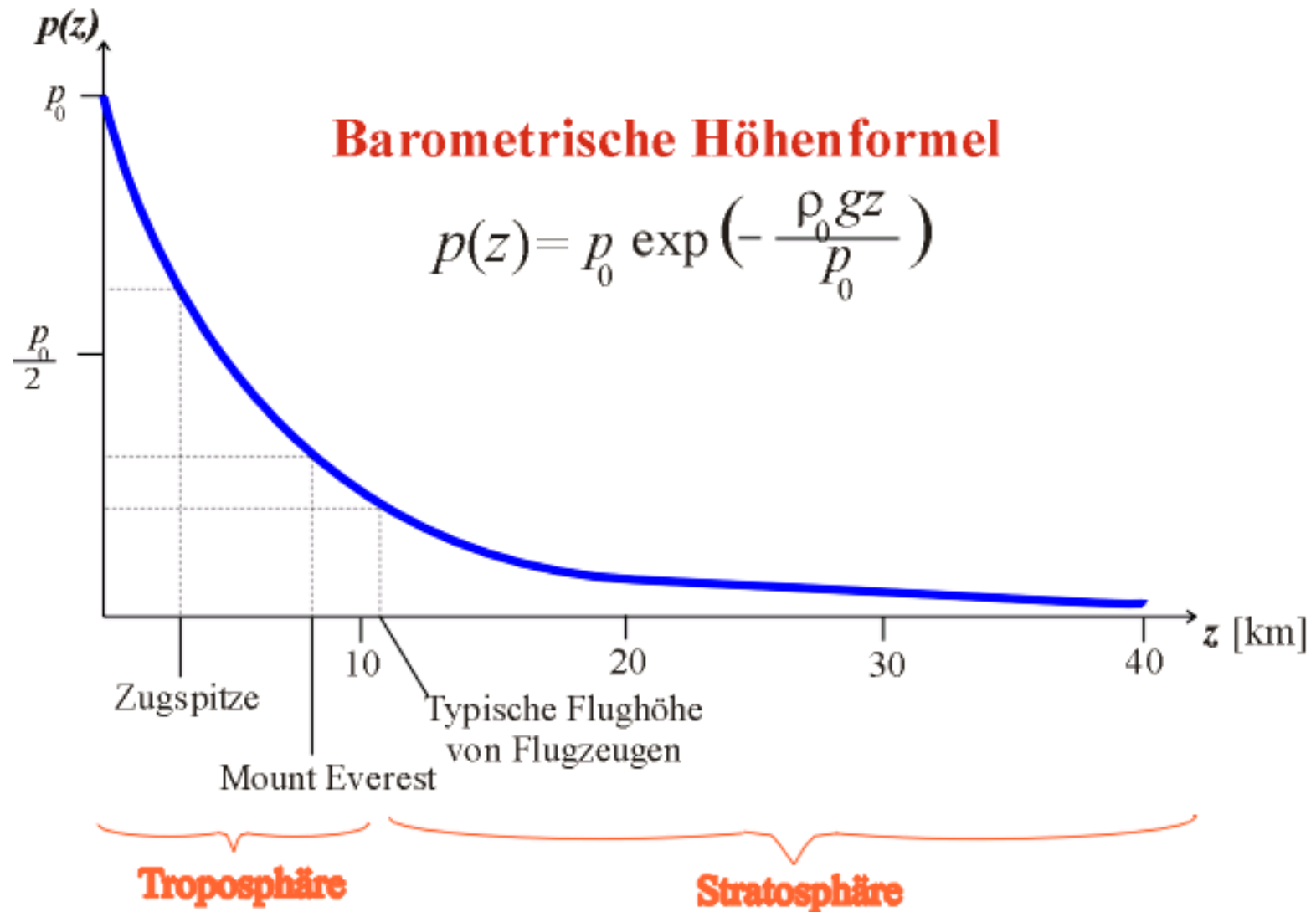
## Gas im Gravitationsfeld – barometrische Höhenformel:



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 ( $T = \text{konstant}$ ):

$$\left. \begin{array}{l} n_i \text{ ————— } \varepsilon_i \\ \text{ ————— } \\ n_0 \text{ ————— } \varepsilon_0 \end{array} \right\} \Delta\varepsilon$$

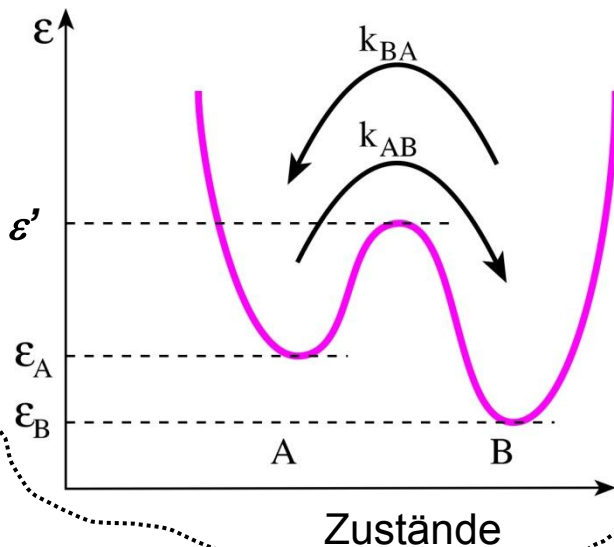
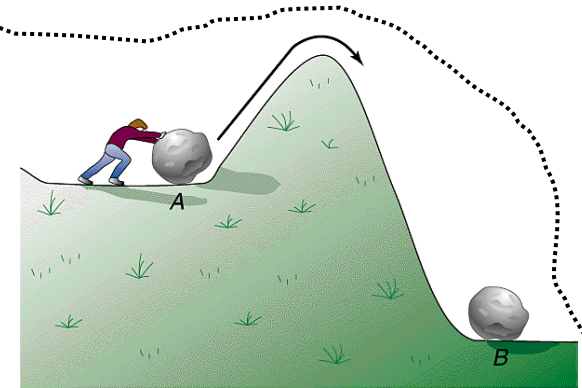
$$n_i = n_0 \cdot e^{-\frac{\varepsilon_i - \varepsilon_0}{kT}}$$

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

$$\left( \begin{array}{l} \Delta E = \Delta\varepsilon \cdot N_A \\ R = k \cdot N_A \end{array} \right)$$

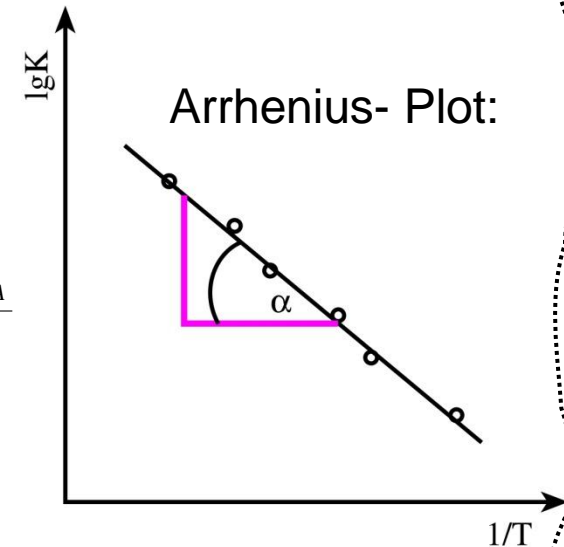
# Anwendungen:

- 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
- ...



$$K = \frac{n_A}{n_B} = e^{-\frac{\varepsilon_A - \varepsilon_B}{kT}}$$

$$k_{AB} = \text{konst.} \cdot e^{-\frac{\varepsilon' - \varepsilon_A}{kT}}$$





# Hausaufgaben

- 1.1. CO<sub>2</sub>-Gas befindet sich in einem Behälter, die Anzahl der Moleküle beträgt  $3,6 \cdot 10^{21}$ . Berechnen Sie die Stoffmenge und die Masse des Gases!
- 1.3. Die Ionisationsenergie von Na-Atom beträgt 496 kJ/mol. a) Was ist die Ionisationsenergie für ein einziges Atom in eV-Einheit? b) Was ist die Wellenlänge des Lichtes, dessen Photonenenergie gerade diesen Wert beträgt?
- 1.9. Das Volumen einer Amalgamfüllung beträgt 12 mm<sup>3</sup>. Berechnen Sie die Masse!
- 1.10. Haben  $10^{25}$  H<sub>2</sub>O-Moleküle Platz in einem Glas des Volumens 2 dl?
- 1.13. Die Temperatur von N<sub>2</sub>-Gas beträgt 25°C, die Stoffmenge ist 1 mol. a) Was sind durchschnittliche kinetische Energie und Geschwindigkeit von N<sub>2</sub>-Molekülen? b) Was ist gesamte kinetische Energie der Moleküle in dem Gas?
- 1.17. Wenn die Atmosphäre ruhig und ihre Temperatur 0°C wäre, in welcher Höhe würde die Sauerstoffkonzentration auf die Hälfte sinken? (5 km)
- 1.19. Wenn die Atmosphäre ruhig und ihre Temperatur 0°C wäre, in welcher Höhe würde a) die Kohlenstoffdioxidkonzentration b) die Konzentration von Toluol (Zivilisationsverunreinigung; molare Masse: 92,1 g/mol) auf die Hälfte sinken?

## Lösungen:

- 1.1. – 5,98 mmol und 263 mg  
1.3. – a) 5,15 eV; b) 241 nm  
1.9. – 144 mg  
1.10. – nein  
1.13. – a) 0,00617 aJ und 515 m/s; b) 3710 J/mol  
1.17. – 5010 m  
1.19. – a) 3640 m; b) 1740 m