

## ATOMPHYSIK Historischer Überblick

---

Exz. Buch: „Der Weg der Physik“, DTV 1978

6. Jahrh. vor Chr. : Mythologie → Naturwissenschaft  
griechisch-türkischer Raum

Anaximenes \* 610: Luft als Urstoff → versch. Aggregatzustände

Empedokles \* 500: Licht ist strömende Substanz.  
Wegen hoher Geschwindigkeit können wir dies nicht sehen.

Anaxagoras \* 500: Materie aus gleichartigen kleineren Körpern  
zusammengesetzt.

Demokrit \* 460: Substanzen aus kleinsten Teilchen  
atomos = unteilbar  
„Scheinbar ist Farbe, Süßigkeit, Bitterkeit,  
wirklich nur Atome und Leeres.“

Epikur \* 341: Atome bewegen sich unaufhörlich, sind verschieden  
voneinander.

### Mittelalter

Alhazen \* 965: Jeder natürliche Körper ist bis zu einer gewissen Grenze  
teilbar, so lange er hinsichtlich seiner Form so bleibt, wie  
er ist. Wird er darüber hinaus geteilt, nimmt er eine andere  
Form an.

### Moderne

Lavoisier \* 1789 Chemische Massenbestimmung

Dalton \* 1808 Multiple Proportionen: Gewichte von Reaktionspartnern  
verhalten sich wie kleine ganze Zahlen → Atommassen

Avogadro \* 1811 Molekültheorie der Gasgesetze: Gleiche Volumina versch.  
Gase enthalten gleiche Zahl von Atomen

Proust \* 1815 Massenzahlen Vielfaches des H  
(Wasserstoff: Urmaterie der Griechen)

Meyer-Mendeliev \* 1868 Periodensystem der Elemente

Faraday \* 1833 Quantelung der Ladung

|                  |        |                                                    |
|------------------|--------|----------------------------------------------------|
| Kirchhoff/Bunsen | * 1859 | Atomspektroskopie                                  |
| Hittorf          |        | Kathodenstrahlen                                   |
| Röntgen          | * 1895 | X-Strahlen                                         |
| Bequerel         | * 1896 | Radioaktivität                                     |
| Thomson          | * 1897 | e <sup>-</sup> identifiziert (falsches Atommodell) |
| Planck           | * 1900 | Quantenhypothese $E = h \cdot \nu$                 |
| Rutherford       | * 1911 | Struktur der Atome, Größe des Kerns                |
| Einstein         | * 1905 | Lichtquanten $E = mc^2$ ; lichtel. Effekt          |
| Bohr             | * 1913 | Atommodell incl. Quantentheorie                    |
| Schrödinger      | * 1926 | Materiewellengleichung                             |
| Heisenberg       | * 1927 | Unschärferelation                                  |
| Born             | * 1928 | Wahrscheinlichkeitsdeutung der Materiewellen       |
| Dirac            | * 1928 | Antimaterie potenziert                             |

## 1.2 Bedeutung der Atomphysik

- Ursprung, Grundlage aller modernen Forschung
- Moderne Anwendungen

Bezug zu anderen Bereichen:

|                     |                                                      |
|---------------------|------------------------------------------------------|
| Quantenelektronik   | (Lasen, optische Computer)                           |
| Festkörperphysik    | (Supraleitung, Magnetismus, NMR, Quanten-Halleffekt) |
| Medizinische Physik | (NMR, CT Scanner, Röntgengeräte)                     |
| Meßprozesse         | (Atomuhr)                                            |
| Chemie              | (Verständnis chem. Reaktionen)                       |
| Astrophysik         | (Spektroskopie, Chemie der Sterne--)                 |
| Umwelt              | (Nachweis von Verunreinigungen)                      |

## 2. Experimentelle Grundlagen

### 2.1. Größe / Masse von Atomen

#### 2.1.1. Definitionen:

Atom: kleinster unveränderlicher Baustein chemischer Elemente

Dorshmidt / Avogadrozahl:  $N_L = 6,022 \cdot 10^{23} / \text{Mol}$

Mol: Relative Atommasse in g.

Atommasse:

$$M(A) = \frac{1 \text{ Mol}}{N_L}$$

Rel. Atommasse  $\hat{=}$  Atomgewicht A

$$1 \text{ u} = 1 \text{ amu} := \frac{1}{12} M({}_{6}^{12}\text{C})$$

$\uparrow$   
atomic mass unit

$$= 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

Bs: H: A=1;  $M(\text{H}) = 1,0078 \text{ u}$

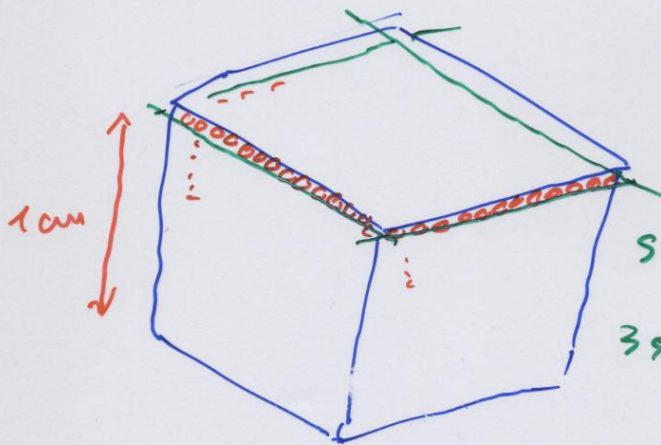
C: A=12;  $M(\text{C}) = 12 \text{ u}$

O: A=16;  $M(\text{O}) = 15,9949 \text{ u}$

## 2.1.2 Loschmidtzahl

### Bestimmung:

#### a) Verdampfungsenergie



3 Schichten in 1d

3, 3 Schichten, um alle Atome zu trennen

Benötigte Energie:

$$E_V = 3 \cdot s \cdot 2 E_0$$

$E_V$  Verdampfungsenergie

$E_0$  Oberflächenenergie

\* Atome/cm<sup>3</sup> :

$$N = s^3 = \left( \frac{E_V}{6 \cdot E_0} \right)^3$$

Bsp. Wasser :

$$1 \text{ Mol} = 18 \text{ g}$$

$$E_V = 2,3 \cdot 10^8 \text{ J/cm}^3$$

$$E_0 = 7,3 \cdot 10^{-6} \text{ J/cm}^2$$

$$\Rightarrow N_L = N \cdot V = \left( \frac{E_V}{6 E_b} \right)^3 \cdot 18 \text{ cm}^3$$

$$\approx 10^{24}$$

auch:  $s = 5,15 \cdot 10^7 / \text{cm}$

$$d_{\text{H}_2\text{O}} = 1,9 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$$


---

## b) Kinet. Gas theorie

Zustandsgleichung:  $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$

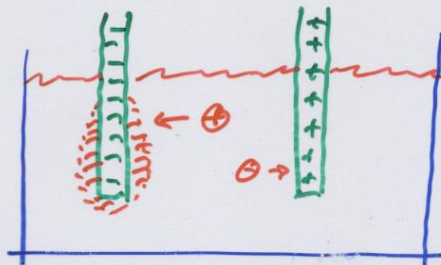
$$= n \cdot N_L k \cdot T$$

$R = 8,3 \frac{\text{J}}{\text{Mol K}}$  Gas konstante

$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$  Boltzmann konst.

$$\Rightarrow N_L = \frac{R}{k} \approx 6 \cdot 10^{23}$$

## c) Elektrolytische Abscheidung



Beobachtung:  
Masse der Ablagerung  
 $\propto I \cdot t$   
 $\propto Q$

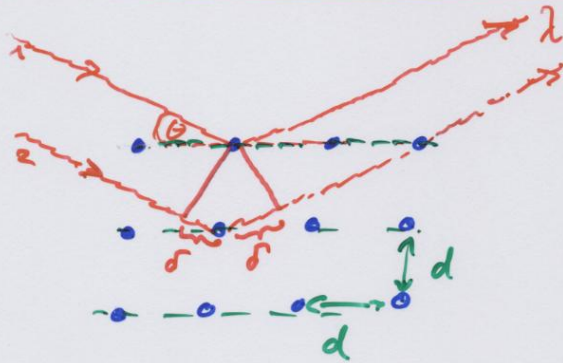
Für einwertige Elemente :

1 Mol braucht  $Q_F = 96485 \text{ C}$

mit  $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

$$\Rightarrow N_L = \frac{Q_F}{e}$$

d) Röntgenbeugung in Kristallen



Strahl 2 hat  
 $2 \cdot d \sin \theta$  längeren  
Weg als Strahl 1

Interferenzmaximum bei

$$\begin{aligned} 2d \sin \theta &= 2 \cdot d \sin \theta \\ &= n \cdot \lambda \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \text{Bragg'sche} \\ \text{Beziehung} \end{array} \right\}$$

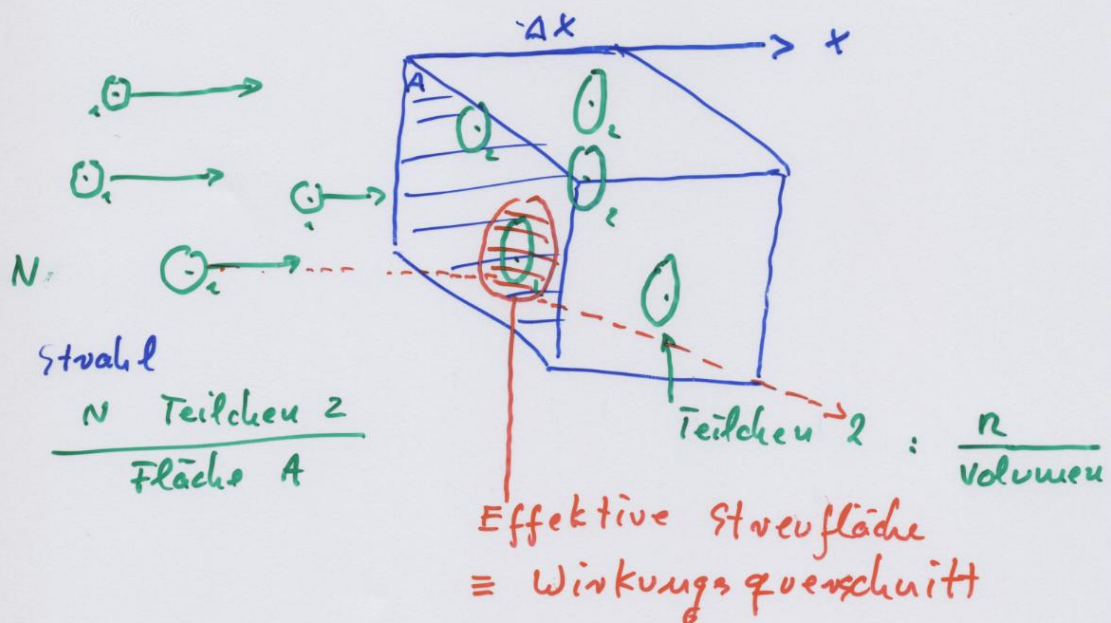
$$\Rightarrow d$$

### 2.1.3 Größe von Atomen

a) Röntgenstreuung (s.o.)

b) Streuung  $\rightarrow$  Wirkungsquerschnitt

Streuung von Teilchen 1 an Teilchen 2



Wahrscheinlichkeit, daß ein Strahlteilchen  
im Volumen  $\Delta V = A \cdot \Delta x$  streut:

$$W = \frac{\text{Gesamtstreufläche}}{A} = \frac{n \cdot \Delta x \cdot A \cdot \sigma}{A}$$

Rate der gestreuten Strahlteilchen

$$\Delta N = N \cdot W = N \cdot n \sigma \cdot \Delta x$$

$$\frac{dN}{N} = -m \cdot G \cdot dx$$

$$\Rightarrow N(x) = N \cdot e^{-mGx}$$

Aus  $N(x)$ ,  $x$ ,  $m \rightarrow G$

$\rightarrow$  Atomradius

Anwendung in Molekül-, Kern- und Teilchenphysik.

c) kann man Atome sehen?

Auflösungsvermögen /  $d \approx \lambda$

Licht:  $\lambda = 5000 \text{ \AA}$

$\gg 1 \text{ \AA}$  ( $d_{\text{atom}}$ ) geht nicht

x-Strahl:  $\lambda \sim 1 \text{ \AA} \approx d$  schwierig

Elektronenstrahlen:  $\lambda_{\text{el}} = 0,037 \text{ \AA}$  für  
100 keV

Cu



Abb. 2.15. Elektronenmikroskopisches Bild von Hexadecachlor-Kupfer-Phthalocyanin-Molekülen. Die Moleküle bilden eine dünne kristalline Aufwachs-Schicht auf einem Alkalihalogenid-Kristall als Träger. Die Aufnahme und Bildverarbeitung erfolgte mit einem 500 kV-Elektronenmikroskop höchster Auflösung und mit spezieller Auswertetechnik. Man erkennt besonders deutlich das zentrale Kupfer-Atom und die 16 peripheren Chlor-Atome. (Die Aufnahme wurde von Prof. N. Uyeda, Kyoto University, freundlicherweise zur Verfügung gestellt)