

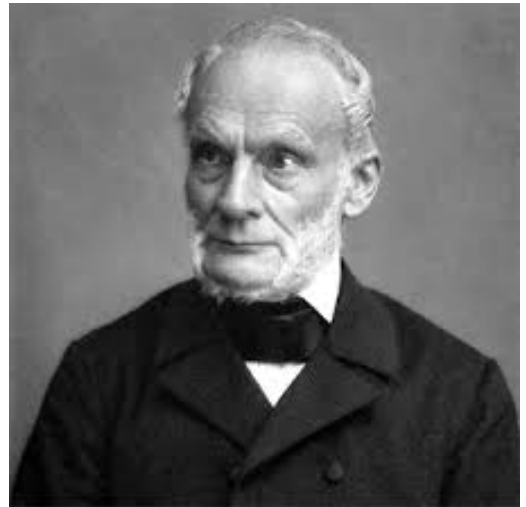
## II. Entwicklung der Atomvorstellung

### 2. Hinweise auf die Existenz von Atomen

#### c. Kinetische Gastheorie



**James C. Maxwell (1831 - 1879)**



**Rudolf Clausius (1822 - 1888)**



**Ludwig Boltzmann (1844 - 1906)**

## II. Entwicklung der Atomvorstellung

### 2. Hinweise auf die Existenz von Atomen

#### c. Kinetische Gastheorie

Makroskopische Eigenschaften eines Gases auf Bewegung von Gasmolekülen und deren Wechselwirkungen zurückführen

- Zustandsgleichung des idealen Gases  $pV = \frac{1}{3} N m \bar{v}^2 = N k_B T$

- Temperatur eines Gases  $\langle E_{kin} \rangle = \frac{1}{2} m \bar{v}^2 = \frac{3}{2} k_B T$

- Innere Energie eines Gases  $U = N \frac{f}{2} k_B T$

- Wärmekapazität eines Gases  $c_V = N \frac{f}{2} k_B$  ( $c_p = N \frac{(f+2)}{2} k_B$ )

- Transportprozesse in Gasen

$$j_x = -D \frac{dn}{dx} \quad \text{mit} \quad D = \frac{1}{3} \bar{v} \Lambda$$

$$\dot{Q} = -\lambda A \frac{dT}{dx} \quad \text{mit} \quad \lambda = \frac{1}{6} n f k_B \bar{v} \Lambda$$

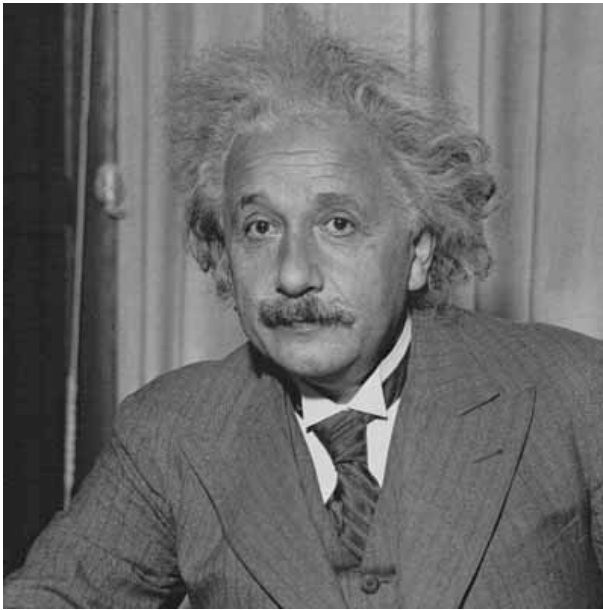
$$j_{p_x} = -\eta \frac{dv}{dx} \quad \text{mit} \quad \eta = \frac{1}{3} n m \bar{v} \Lambda$$

- Entropie  $S = k_B \ln W$

## II. Entwicklung der Atomvorstellung

### 2. Hinweise auf die Existenz von Atomen

#### c. Kinetische Gastheorie



**Albert Einstein (1879 - 1955)**

**Erklärung der Brown'schen Bewegung von in Lösung suspendierten Teilchen durch atomistischen Ansatz (Ann. Physik 17, 549 (1905)).**

**Damit eindeutiger Nachweis der Existenz von Atomen!**

### III. Größe, Masse und Struktur der Atome

#### 1. Bestimmung der Atomgröße

##### a. Bestimmung aus dem Kovolumen der v.d.Walls-Gleichung

$$\left(p + \frac{a}{V_M^2}\right)(V_M - b) = RT$$

a: Binnendruckkonstante

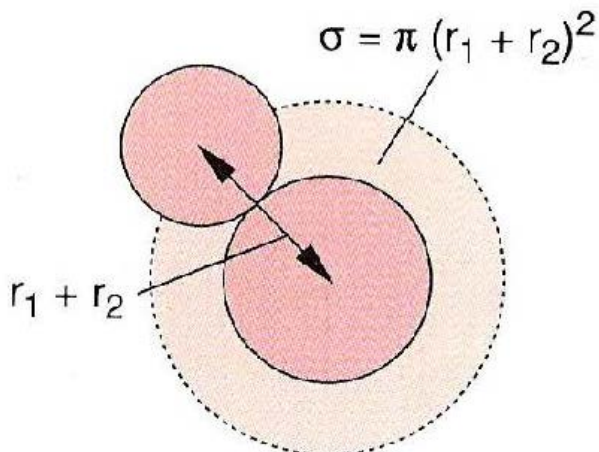
b = 4 N<sub>A</sub> V<sub>a</sub> = Vierfache des Eigenvolumens aller N<sub>A</sub> Atome im Volumen V<sub>M</sub>

##### b. Abschätzung aus Transportkoeffizienten in Gasen

Transportkoeff. In Gasen hängen von mittlerer freier Weglänge

$\Lambda = 1/(n \sigma)$  ab, mit  $\sigma$  = Stoßquerschnitt der Atome

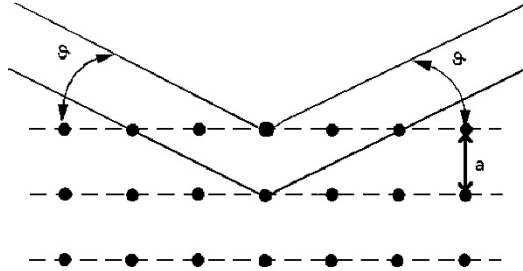
Stoßquerschnitt  $\sigma$  bei Stößen zwischen harten Kugeln mit Radius  $r_1$  und  $r_2$



### III. Größe, Masse und Struktur der Atome

#### 1. Bestimmung der Atomgröße

##### c. Beugung von Röntgenstrahlen an Kristallen



$$V_a = f \frac{V_E}{N_E}$$

$f$ : Raumpfüllungsfaktor  $f = (\sum V_a)/V_E$

$V_E$ : Volumen der Einheitszelle

$N_E$ : Anzahl der Atome in Einheitszelle

##### d. Lennard-Jones-Potenzial

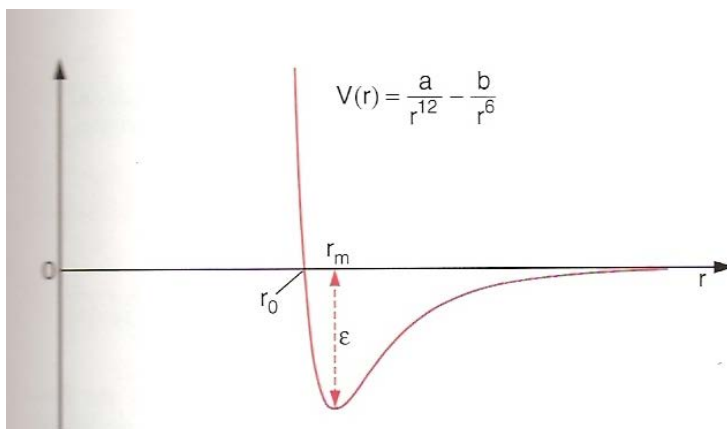


Abb. 2.31. Lennard-Jones-Potenzial für die Wechselwirkung zwischen zwei neutralen Atomen

### III. Größe, Masse und Struktur der Atome

#### 1. Bestimmung der Atomgröße

##### d. Lennard-Jones-Potenzial

Mit Methode a., b. und c. erhaltenen Werte für Atomgröße stimmen von der Größenordnung überein ( $r \approx 10^{-10} \text{ m} = 1 \text{ \AA}$ ), variieren aber um bis zu 50%

**Tabelle 2.2.** Atomradien  $r_0$  in  $10^{-10} \text{ m} = 1 \text{ \AA}$  im Modell starrer Kugeln experimentell bestimmt: a) aus der van-der-Waalsschen Zustandsgleichung, b) aus dem Wirkungsquerschnitt  $\sigma = \pi d_0^2$ , gemessen mit Hilfe der Transportkoeffizienten, c) aus der Röntgenbeugung an Edelgaskristallen bei tiefen Temperaturen

Atom	a)	b)	c)
He	1,33	0,91	1,76
Ne	1,19	1,13	1,59
Ar	1,48	1,49	1,91
Kr	1,59	1,61	2,01
Xe	1,73	1,77	2,20
Hg	2,1	1,4	—

Das liegt an nicht eindeutig definiertem Atomradius (s. Lennard-Jones-Potenzial), dessen exp. ermittelte Größe von der Messmethode abhängt.