

Versuch 1.

Bestimmung der Anzahl der Teilchen pro Mol.

Stichworte zur Theorie: Das Mol als Einheit der Stoffmenge, Molmasse, Elementarzelle, Gitterkonstante, Gittertypen, Bravais Gitter, Kristallsysteme

Literatur: P.W. Atkins: Physikalische Chemie, VCH Weinheim

1. Grundlagen:

Die Avogadrokonstante N_A ist die Anzahl von Atomen, die in 12g des Kohlenstoffisotops ^{12}C enthalten sind. Die Stoffmenge von N_A Teilchen (Atomen oder Molekülen) einer Substanz wird als 1 Mol bezeichnet. N_A ist also die Anzahl der Teilchen pro Mol einer Substanz:

$$N_A = 6,0221367 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \quad (1.1)$$

Die Avogadrokonstante N_A soll durch Vergleich der makroskopischen Dichte ρ_{makro} mit der mikroskopischen Dichte ρ_{mikro} von zylindrisch geformten Aluminium-, Lithiumfluorid- und Calciumfluorid-Kristallen bestimmt werden. Durch Messung des Durchmessers D und der Höhe h , lassen sich die Volumina der Zylinder wie folgt bestimmen:

$$V_Z = \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot h \quad (1.2)$$

Die makroskopische Dichte ergibt sich aus dem Verhältnis der Zylindermasse m_Z und seinem Volumen V_Z zu:

$$\rho_{\text{makro}} = \frac{m_Z}{V_Z} \quad (1.3)$$

Zur Bestimmung der mikroskopischen Dichte benutzt man Eigenschaften, die sich aus der regelmäßigen Anordnung der Kristallbausteine in einem Kristallgitter ergeben. Ein Kristall wird durch periodische Wiederholung einer kleinsten Untereinheit, die als Elementarzelle bezeichnet wird, lückenlos aufgebaut (Größen, die sich auf die Elementarzelle beziehen, werden im Folgenden mit "EZ" indiziert). Die Größe der Elementarzelle sowie die Zahl der Atome und deren Anordnung in der Elementarzelle können mit Hilfe der Beugung von Röntgenstrahlen an den Gitterebenen des Kristalls ermittelt werden. Ein wesentliches Merkmal derartiger Kristallstrukturen ist die Symmetrie. So unterscheidet man 7 so ge-

nannte Kristallsysteme: kubisch, tetragonal, orthorhombisch, monoklin, trigonal, hexagonal und triklin.

Beispiele einfacher kubischer Kristallstrukturen veranschaulichen die Abbildungen 1.1, 1.2 und 1.3.

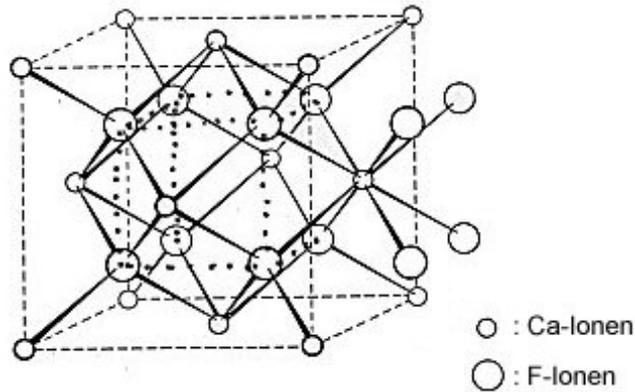


Abb. 1.1: Elementarzelle des CaF_2 (Flussspat). Jedes F^- Anion ist tetraedrisch von 4 Ca^{2+} Ionen und jedes Calcium-Ion ist von 8 Fluorid-Ionen umgeben. Die Kantenlänge der Elementarzelle (Gitterkonstante) beträgt $d=0,473 \text{ nm}$

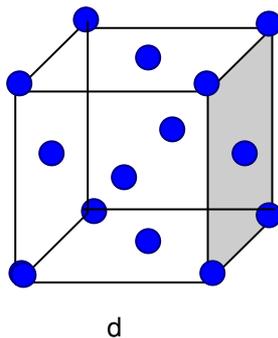


Abb.1.2: Elementarzelle von Al. Hierbei handelt es sich um ein kubisch flächenzentriertes Gitter. Die Kantenlänge der Elementarzelle beträgt $d=0,361 \text{ nm}$

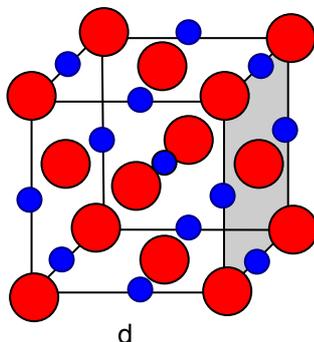


Abb.1.3: Elementarzelle von LiF . Hierbei handelt es sich um ein kubisch flächenzentriertes Gitter bezüglich der F^- Ionen \bullet . Die Li^+ Ionen \bullet befinden sich auf der Kantenmitte. Die Kantenlänge der Elementarzelle beträgt $d=0,4018 \text{ nm}$

Kubische Elementarzellen werden durch die Kantenlänge (Gitterkonstante) d charakterisiert; ihr Volumen beträgt:

$$V_{EZ} = d^3 \quad (1.4)$$

Enthält die Elementarzelle N Teilchen mit der Molmasse M , ergibt sich die mikroskopische Dichte zu:

$$\rho_{mikro} = \frac{m_{EZ}}{V_{EZ}} = \frac{N}{N_A} \cdot M \cdot \frac{1}{V_{EZ}} = \frac{N}{N_A} \cdot M \cdot \frac{1}{d^3} \quad (1.5)$$

Perfekte Einkristalle bestehen aus einer streng periodischen Aneinanderreihung solcher Elementarzellen, daher muss die makroskopische Dichte ρ_{makro} des Kristalls identisch mit der mikroskopischen Dichte ρ_{mikro} einer Elementarzelle sein.

$$\rho_{makro} = \rho_{mikro} \quad (1.6)$$

Schließlich ergibt sich aus den obigen Gleichungen für die Avogadrokonstante der folgende Ausdruck:

$$N_A = N \cdot M \cdot \pi \cdot \frac{1}{4 \cdot m_Z} \cdot \frac{D^2}{d^3} \cdot h \quad (1.7)$$

2. Versuchsdurchführung:

Bestimmen Sie den Durchmesser D und die Höhe h der Zylinder aus je 12- Messungen. Hierzu stehen Ihnen Mikrometerschraube und Schieblehre zur Verfügung. Überlegen Sie sich mit welchem Instrument Sie welche Größe messen und warum?

Bestimmen Sie durch Wägung die Masse der Probe m_Z (12 Wägungen).

3. Versuchsauswertung

1. Ermitteln Sie die Molmasse M und die Anzahl der Atome N für jede der drei Elementarzellen
2. Bestimmen Sie sowohl den mittleren als auch den maximalen Fehler einer Einzelmessung für alle gemessenen Größen (m , D , h)
3. Bestimmen Sie aus allen drei Messreihen jeweils die Avogadrokonstante
4. Vergleichen Sie die erhaltenen Werte mit dem Literaturwert und diskutieren Sie etwaige Abweichungen.