


2. Zustände der Materie - aus atomistischer Sicht betrachtet


8  Die Ausführungen dieses Kapitels sind nicht alle neu für Sie. Es sind Wiederholungen aus dem Chemieunterricht oder aus dem Physikunterricht der Quarta. Sie setzen sich nun trotzdem damit auseinander, damit Sie die Dinge im Zusammenhang überblicken können.

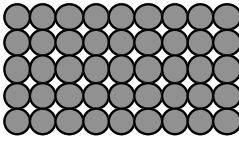
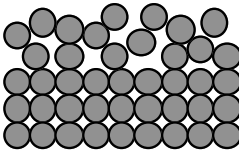
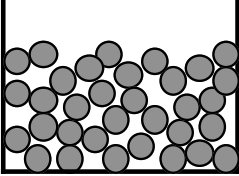
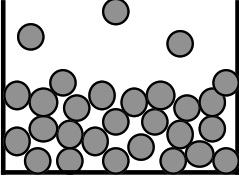
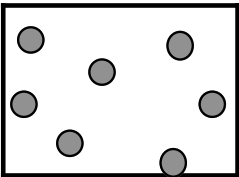
Eine grosse Zahl von Phänomenen kann auf Grund unserer Modellvorstellung (siehe **6**) in einfacher Weise erklärt werden. Wir machen uns zuerst ein Bild von den verschiedenen Erscheinungsformen der Materie.

Ziele dieses Kapitels


1. Sie können die Aggregatzustände, Phasenübergänge mit den Fachbegriffen und korrekten Modellvorstellungen beschreiben.
2. Sie kennen eine Vielzahl von Phänomenen, welche mit der thermischen Bewegung der Atome zu erklären sind.
3. Sie können Teilchengrössen und Teilchenzahlen grob abschätzen.
4. Sie kennen die Grössen Dichte, Stoffmenge, Molare Masse und können mit ihnen rechnen.

Aggregatzustände und Phasenübergänge

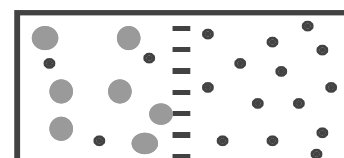
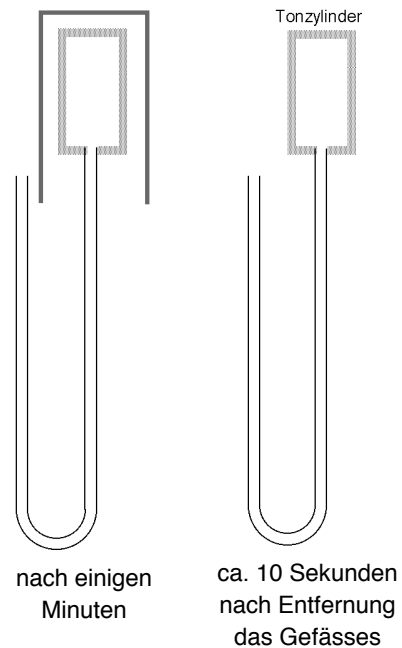
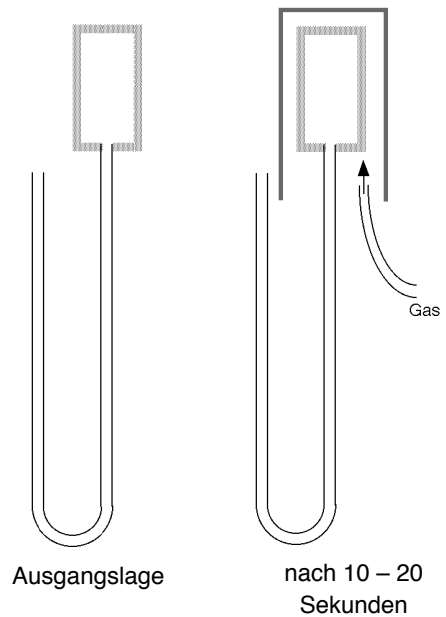
9  Merken Sie sich die Bezeichnungen in der folgenden tabellarischen Übersicht.

Temperatur	mikroskopische Modelle		makroskopische Eigenschaften
„niedrig“		idealer Festkörper Die Teilchen werden durch gegenseitige Kräfte an festen Plätzen gehalten. Sie schwingen leicht um die Gleichgewichtslage.	Ideale Festkörper sind starr. Festkörper dehnen sich bei Erwärmung geringfügig aus. Kristalle zeigen zusätzlich eine regelmässige äussere Struktur.
Schmelzpunkt, bzw. Erstarrungspunkt		Bei genügend heftiger thermischer Bewegung können sich die Teilchen vom ursprünglichen Platz im Festkörper entfernen.	Phasenübergänge schmelzen und erstarren
		ideale Flüssigkeit Die thermische Bewegung ist gerade so stark, dass sich die Teilchen einerseits gegeneinander (reibungsfrei) verschieben können, andererseits einander noch fast berühren.	Ideale Flüssigkeiten sind reibungsfrei, inkompressibel und passen sich jeder Gefässform an. Flüssigkeiten bilden eine horizontale Oberfläche und vergrössern bei Erwärmung ihr Volumen.
Siedepunkt, bzw. Kondensationspunkt		Bei starker Zunahme der thermischen Bewegung können die Teilchen mit genügend heftiger Bewegung den Teilchenverband ganz verlassen.	Phasenübergänge verdampfen und kondensieren
„hoch“		ideales Gas Die thermische Bewegung ist so heftig, dass die Abstände zwischen den Teilchen sehr gross sind und somit sich die Teilchen zwischen den elastischen Zusammenstössen frei und geradlinig bewegen können.	Gase können leicht zusammengepresst werden, sind flüchtig, füllen jeden Raum aus, sind sehr leicht und vermischen sich von selbst. Bei Erwärmung vergrössert sich der Druck auf die Gefässwände oder vergrössert sich dessen Volumen.

Temperatur und thermische Bewegung

- 10 i** Die folgenden Phänomene sollen ausschliesslich mit der **thermischen Bewegung der Atome** erklärt werden, resp. mit den oben dargestellten Modellvorstellungen für die verschiedenen Materiezustände. Oft wäre es auch möglich, die Sachverhalte unter dem Gesichtspunkt der Energie auf abstraktere Art anzuschauen, das soll aber nicht hier das Thema sein.
- 11 R** Es gibt eine tiefste mögliche Temperatur, den **absoluten Nullpunkt**. Warum ist es so? In welchem Zustand ist die Materie bei dieser Temperatur?
- 12 R** Die Temperatur eines Körpers kann auf folgende zwei Arten erhöht werden:
Reibung: Warum wird ein Körper bei Reibung mit einem andern Körper wärmer?
Wärmeleitung: Was geschieht, wenn ein heisser und ein kalter Eisenklotz einander berühren?
- 13 R** **Kompression:** Warum wird ein Gas während des Zusammenpressens erwärmt (z.B. die Luft in einer Velopumpe)? Wie entsteht der Druck auf die Gefässwand (auf den Kolben)?
- 14 R** **Kühlen durch Verdunstung: Schwitzen:** Die Temperatur einer verdunstenden Flüssigkeit sinkt unter die Umgebungstemperatur. Warum? Protokollieren Sie auch die Demonstrationsversuche.
- 15 R** **Diffusion:** Wie erklären Sie die Ausbreitung eines Parfüm-Duftes nach dem Öffnen eine Fläschchens?
- 16 R** **Erwärmung durch Erschütterung:** Lässt man einen Körper wiederholt auf den Boden **fallen**, so wird er geringfügig (aber messbar!) erwärmt. Wie kommt das?
- 17 R** **Kondensation:** Entnehmen Sie dem Kühlschrank eine Getränkeflasche, so beschlägt sie sich aussen mit Wasser. Erklären Sie ganz genau, wie das geschieht.
- 18**  Halten Sie die Ausführungen zum **Tonzylinder-Experiment** fest.
- 19 i** **Osmose:** Wird ein Gummibärchen ins Wasser gelegt, so quillt es auf, das bedeutet, der Druck im Innern nimmt zu. Diese Druckdifferenz entsteht, wenn zwei Lösungen unterschiedlicher Konzentrationen durch eine halbdurchlässige Wand (**semipermeable Membran**) getrennt sind. In diesem Fall ist die Membran (Gelatine) nur für das Lösungsmittel (Wasser) durchlässig, aber nicht für die Zuckermoleküle im Gummibärchen.


Das Tonzylinder-Experiment




Zur Osmose

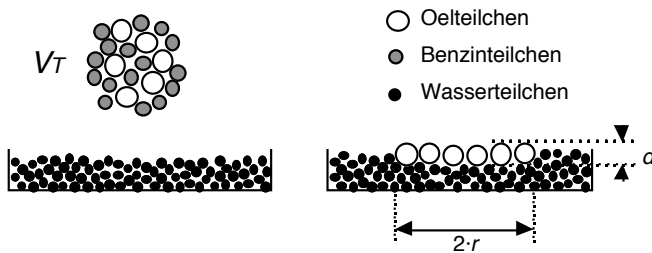
Die Wahrscheinlichkeit, dass ein (kleines) Wasserpartikel von rechts nach links durch die semipermeable Wand tritt, ist grösser als in umgekehrter Richtung, folglich nimmt die Zahl der Teilchen auf der linken Seite zu.

Unvorstellbar klein und zahlreich sind die Atome – der Ölfleckversuch

20  Wie kann man die Grösse der winzig kleinen Atome abschätzen? Wie kann man die unsichtbaren Atome zählen? Erstaunlicherweise lassen sich diese Fragen mit einfachen Mitteln in grober Näherung beantworten.

21  Entweder wird Ihnen der Ölfleckversuch im Unterricht vorgeführt oder Sie haben die Möglichkeit, den Versuch selber durchzuführen.


a) **Beschreiben** Sie stichwortartig den Versuchsablauf mit Hilfe dieser Skizze. Notieren Sie die Messdaten rechts im Kasten.



- b) Bestimmen Sie die **Dicke des Ölflecks** und damit auch den **Durchmesser d** der Ölteilchen aus den Messdaten.
- c) Bestimmen Sie nun auch die **Anzahl** der Ölteilchen im Fleck. (Jedes Ölteilchen beansprucht etwa das Volumen eines Würfels mit der Kantenlänge d.)
- d) Wie schnell können Sie etwa zählen? Nehmen Sie an, Sie würden die Zahl der Ölteilchen **zählen** wollen. Wie viele Jahre Ihres Lebens müssten Sie dafür etwa investieren?
- e) Während des Zählens der Ölteilchen würden Sie diese wie eine Perlenkette aneinander reihen. **Wie lang** würde diese Ölteilchen-Kette werden?

22  **Von Mandarinen und Atomen:**

- a) Um welchen Faktor müsste ein Atom (Durchmesser 10^{-10} m) vergrössert werden, damit es die Grösse einer Mandarine (Durchmesser 3.5 cm) erhält?
- b) Vergrössern Sie die Mandarine um den gleichen Faktor und vergleichen Sie den Durchmesser der Riesenmandarine mit dem Durchmesser der Erde.
- c) Formulieren Sie mit Hilfe dieser Zahlen einen möglichst **bildhaften Vergleich** zur Verdeutlichung der Kleinheit der Atome.

23  Wenn Sie die Wasserteilchen (Durchmesser etwa $3 \cdot 10^{-10}$ m) in einem **Glas Wasser** ($V = 200 \text{ cm}^3$) auf die Grösse von kleinen Sandkörnern (Durchmesser 10^{-4} m) vergrössern und damit die Erdoberfläche ($A = 510 \text{ Mio. km}^2$) bedecken, wie dick wäre die Schicht?

$V_T =$ Volumen eines Tropfens des Benzin-Öl-Gemisches

$V_{\text{Öl}} = r^2 \cdot \pi \cdot d =$ Volumen des schwimmenden Ölflecks

Mischungsverhältnis Öl : Benzin \approx

$V_{\text{Öl}} : V_T \approx$

$V_T \approx$

$2 \cdot r \approx$

Der Durchmesser der Ölteilchen (Ölmoleküle) ist von der Grössenordnung

.....


Ein Ölfleck enthält etwa

..... **Teilchen.**


Allgemein: Der Durchmesser einzelner Atome und kleiner Moleküle beträgt etwa

.....


Dichte, Stoffmenge, Molare Masse

24  Anhand der thermischen Ausdehnung erkennen Sie, dass die Atome je nach Temperatur und Zustand der Materie dicht oder weniger dicht beisammen sein können. Zudem wissen Sie aus der Chemie, dass die Atome verschiedener Stoffe unterschiedliche Massen haben. Es sind also 2 Grössen, welche bestimmen, wie viel Masse (oder Materie) eines Stoffes in einem bestimmten Volumen enthalten sind: Der **mittlere Abstand** der Atome und die **Massen** der einzelnen Atome. Dieses für einen bestimmten Stoff charakteristische Verhältnis von Masse zu Volumen nennen wir **Dichte**.


Vor allem in der Chemie wird die Materiemenge weniger häufig durch die **Masse** eines Stoffes angegeben als vielmehr durch die Anzahl der Teilchen (Moleküle, Atome) dieses Stoffes. Diese Grösse wird **Stoffmenge** genannt und in der Einheit **Mol** angegeben.


25  In *Formeln und Tafeln* finden Sie die Molaren Massen und die Dichten von **Platin**, **Aluminium** und **Luft** (vor allem aus dem Stickstoffgas N_2 bestehend).

- Nehmen Sie nun der Einfachheit halber an, die Atome seien in allen diesen Stoffen würfelförmig angeordnet. Bestimmen Sie für alle drei Stoffe den Mittelpunktsabstand zwischen zwei Nachbaratomen und die Masse eines Atoms (resp. Moleküls).
- Benützen Sie diese Daten, um in den drei Kästchen rechts zu veranschaulichen, wie die unterschiedlichen Dichten der Stoffe zustande kommen.


26  Wie viele Moleküle sind in einem **Trinkglas Wasser**? Wie viele Moleküle verlassen pro Sekunde das Trinkglas, wenn dessen Inhalt innert 5 Tagen **verdunstet**?

27  Wie gross sind die **Volumina** von 1 kg Eis bei 0°C und von 1 kg Wasser bei 0°C ?

28  In welcher der beiden folgenden Substanzen sind bei (Zimmertemperatur) die Atome im Durchschnitt näher beisammen: **Quecksilber** oder **Natrium**?

29  Der Abstand zwischen den Eisenatomen beträgt etwa 10^{-10} m. Zur Vereinfachung soll angenommen werden, dass die Atome würfelförmig angeordnet sind.

- Wie viele Eisenatome sind etwa in einem **Stecknadelkopf** ($V \approx 1 \text{ mm}^3$)?
- Welche Länge hätte die **Eisenatomkette**, die man durch die Aneinanderreihung aller Atome eines Stecknadelkopfes erhalten würde?

30  Halten Sie unter dieser Nummer die **Ergänzungen** fest, die wir im Unterricht zu diesem Kapitel (vielleicht) gemacht haben.

Die Dichte ρ eines Stoffes gibt dessen Masse pro Volumeneinheit an.

$$\rho = \frac{m}{V}; [\rho] = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

(ρ ist der griechische Buchstabe *Rho*.)

Die Dichte eines Stoffes hängt vom mittleren Abstand der Atome und von den Massen der einzelnen Atome ab.

Die Stoffmenge n gibt die Anzahl Mol eines Stoffes an.

1 Mol enthält N_A Atome (resp. Moleküle, „chemische Einheiten“).

N_A heisst **Avogadrokonstante** oder **Loschmidt-Zahl** und beträgt

$$N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

Die Molare Masse M eines Stoffes ist die Masse von 1 mol des Stoffes.



Platin



Aluminium



Luft

- Wir haben keine Ergänzungen gemacht.
- Ja, wir haben Ergänzungen vorgenommen, nämlich: