

Diffusion

Fabian Kallmeier, WS 13/14, Anna-Katharina Baumgärtner SS 22

Gliederung

1	Versuch zur Diffusion	1
2	Betrachtung auf Teilchen-Ebene	2
3	Herleitung der Fick'schen Gesetze	3
4	Modell-System Saccharose in Wasser	3

Einstieg 1: Wenn Studierende morgens um 11 Uhr durch die Stadt schlendern, darf eine Köstlichkeit nicht fehlen: der Espresso. Genauso wichtig wie der Geschmack ist die Crema. Aber wie schafft man es das italienische Heißgetränk zu süßen, ohne durch intensives Rühren die Crema zu zerstören?

Einstieg 2: Wenn eine Chemielehrkraft zur großen Pause aus dem Chemiesaal in Richtung Lehrerzimmer geht, kommt ihr schon von Weitem der Geruch von frisch aufgebrühtem Kaffee entgegen. Im Vortrag geht es darum, wie sich der Duft schnell und über weite Strecken in der Luft verbreiten kann.

1 Versuch zur Diffusion

Experiment 1: Diffusion in der Luft

Materialien:

- 2 EL Kaffeepulver
- Tasse
- Heißes Trinkwasser

Durchführung: 2 EL Kaffeepulver werden in die Tasse gegeben und mit heißem Wasser übergossen.

Beobachtung: Nach einigen Minuten lässt sich der Kaffeegeruch im ganzen Raum wahrnehmen.

Interpretation: Es findet eine Nettobewegung der „Kaffeeteilchen“ vom Ort hoher Konzentration zum Ort niedriger Konzentration in der Luft statt.

Experiment 2: Diffusion von Kaliumpermanganat in Wasser

Materialien:

- Kristallisierschale, d=120 mm
- Pinzette
- PVA-Beutel (Durchführung 2)

Chemikalien:

- **Kaliumpermanganat (s)**

CAS-Nr.: 7722-64-7



Gefahr

H272, H302, H314, H410

P220, P273, P280, P305+P351+P338,
P310, P501

- **VE-Wasser**

Durchführung 1: Mit der Pinzette wird ein Kristall $l < 1 \text{ mm}$ in eine $h = 1 \text{ cm}$ hoch mit Wasser befüllte Kristallisierschale gegeben.

Durchführung 2: In den PVA-Beutel wird ein Kristall $l < 1 \text{ mm}$ gegeben. Der Beutel wird anschließend in die 1 cm hoch mit Wasser befüllte Kristallisierschale gegeben.

Beobachtung 1: Ausgehend vom Kristall lassen sich Schlieren von KMnO_4 beobachten. Die Intensität der Schlieren nimmt mit steigender Entfernung zu dem Kristall ab. Nach einiger Zeit ist die gesamte Kristallisierschale gleichmäßig violett gefärbt.

Beobachtung 2: Der PVA-Beutel löst sich auf wodurch sich ausgehend vom Kristall Schlieren von KMnO_4 bilden. Der Beutel bewirkt, dass das Wasser möglichst bewegungslos ist, um das Phänomen der Konvektion ausschließen zu können. Rest siehe Beobachtung 1.

Interpretation: Es findet eine Nettobewegung von KMnO_4 von Bereichen hoher Konzentration zu Bereichen niedriger Konzentration statt.

2 Betrachtung auf Teilchen-Ebene

Die Teilchen vollführen durch ihre thermische Energie endlos viele ungerichtete Bewegungen (=random walk). Im statistischen Mittel findet zunächst keine Nettobewegung statt.

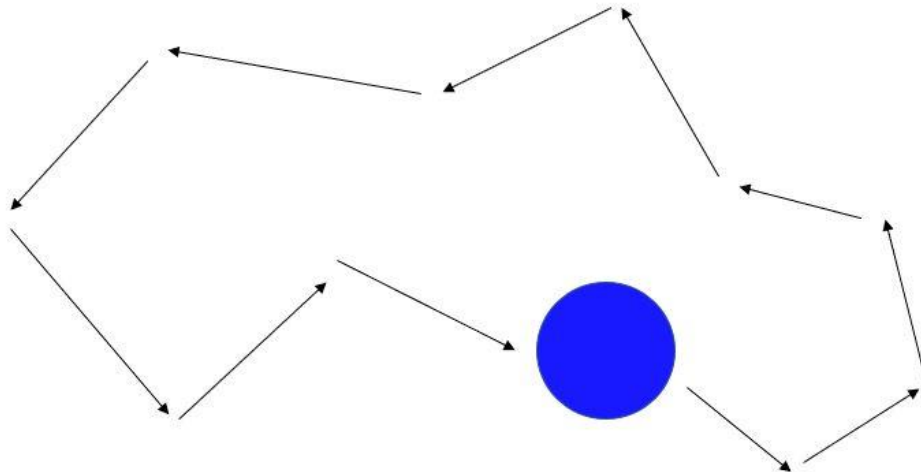


Abb. 1: random walk eines Modell-Teilchens (blau)

3 Herleitung der Fick'schen Gesetze

Man betrachtet zunächst ein imaginäres Fenster im fluiden Medium.

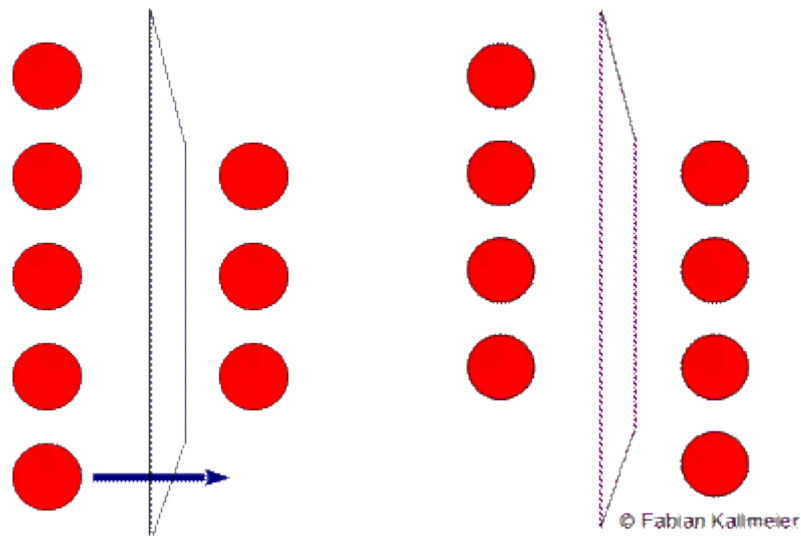


Abb. 2: Schematisch Darstellung der Diffusion durch ein imaginäres Fenster

Links und rechts des Fensters liegen unterschiedliche Konzentrationen des gelösten Stoffes vor. Dies führt zu dem Nettofluss „J“ (kurz: Fluss); siehe blauer Pfeil in Abb. 2. Dabei gilt, dass der Fluss proportional zu dem Konzentrationsgradienten $\partial c / \partial x$ ist. Dabei ist c = molare Konzentration, x = Ort. Der Proportionalitätsfaktor wird Diffusionskonstante „D“ genannt.

Damit gilt [1]:

$$J = -D * \frac{\partial c}{\partial x} \quad (1. \text{ Fick'sches Gesetz})$$

4 Modell-System Saccharose in Wasser

Folgende Formel stellt einen Zusammenhang zwischen der Zeit „t“ und der zurückgelegten Strecke der diffundierenden Teilchen her (man spricht hier von der mittleren quadratischen Verschiebung „d“):

$$d = (2 * D * t)^{1/2}$$

Will man nun berechnen, wie lang ein Molekül Saccharose im Eingangsbeispiel im quadratischen Mittel benötigt, um vom Boden der Tasse bis zur Oberfläche (d soll im Beispiel 5 cm betragen) zu diffundieren, muss man die Gleichung nach der Zeit umstellen.

$$t = \frac{d^2}{2D} = \frac{(5\text{cm})^2}{2 * 0,522 * 10^{-9} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}} = \frac{0,0025\text{m}^2}{2 * 0,522 * 10^{-9} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}} \approx 2.394.636\text{s} \approx 27,7\text{d}$$

Zusammenfassung. Den Prozess der Fortbewegung von Molekülen in einem Fluid oder der Luft nennt man **Diffusion**. Werden die Moleküle durch Bewegungen des gesamten Fluids bewegt (umrühren in der Espresso Tasse), spricht man von **Konvektion**.

Abschluss 1. Wie durch die Rechnung in 4. gezeigt werden konnte, muss man die Zerstörung der Crema wohl hinnehmen, wenn man den Espresso nicht erst in einem Monat trinken möchte.

Abschluss 2: Diffusion kann also sowohl in flüssigen, als auch in gasförmigen Medien stattfinden. Für euren Lehreralltag bedeutet das, dass ihr später besonders schnell beim Nehmen des Kaffees sein solltet, bevor alle Kollegen bemerkt haben, dass es frischen Kaffee gibt.

Quellen:

1. P. W. Atkins, J. de Paula: Kurzlehrbuch der physikalischen Chemie, Wiley-VCH, 4. Auflage, Weinheim 2008
2. <http://de.wikipedia.org/wiki/Diffusionskoeffizient>, Stand 16.12.2013