

Diffusion

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	2
2	Grundlagen	2
3	Versuchsdurchführung	3
4	Fragen	4

1 Aufgabenstellung

Der Diffusionskoeffizient zwischen einer $NaCl$ -Lösung und destilliertem Wasser ist mit der Schlierenmethode nach WIENER zu bestimmen.

2 Grundlagen

Werden zwei unterschiedliche, aber mischbare Flüssigkeiten übereinandergeschichtet, wird die anfänglich scharfe Grenze zwischen beiden Flüssigkeiten allmählich verwaschen. Diese gegenseitige Durchmischung beider Molekülsorten als Folge der molekularen Wärmebewegung wird als Diffusion bezeichnet.

Betrachtet man einen Zylinder von Querschnitt A (Abb. 1), dessen Achse in der z -Richtung verläuft, und nimmt man an, dass in der Ebene an der Stelle z die Konzentration c , in einer benachbarten Ebene an der Stelle $z + dz$ die Konzentration $c - dc$ aufrecht erhalten werden, dann besteht zwischen beiden Ebenen das Konzentrationsgefälle dc/dz . Nach dem 1. FICKschen Gesetz (1855) beträgt die Substanzmenge dN (Molzahl), die in der Zeit dt durch den Querschnitt A in Richtung der z -Achse hindurchwandert

$$dN = -D \cdot A \frac{dc}{dz} dt \quad (1)$$

wobei die Größe D als Diffusionskonstante bezeichnet wird.

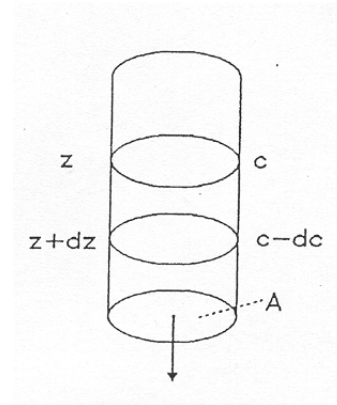


Abb. 1: Zum Massetransport bei der Diffusion

Der zeitliche Ablauf der Diffusion wird durch das 2. FICKsche Gesetz beschrieben. nimmt man an, dass zum Zeitpunkt $t = 0$ die Begrenzungsfläche zwischen beiden Flüssigkeiten bei $z = 0$ in engen Kontakt gebracht wird, so wird die Konzentration c sowohl eine Funktion des Ortes als auch der Zeit. Es ergibt sich in diesem Fall die Differentialgleichung

$$\left(\frac{dc}{dt} \right)_x = D \left(\frac{d^2c}{dz^2} \right)_t \quad (2)$$

Da die Brechzahl für monochromatisches Licht von der Anzahldichte der wirksamen Moleküle abhängt, und sich innerhalb der Diffusionszone zweier mischbarer Flüssigkeiten die Konzentration und damit die Anzahldichte optisch wirksamer Moleküle ständig ändert, wird ein Gefälle der Brechzahl in diesem Gebiet erreicht.

In Gebieten mit einem Brechzahlgradienten werden Lichtbündel mit gekrümmten Grenzen betrachtet. Aus Abb. 2 entnimmt man:

$$\begin{aligned} ds_1 &= d\phi \cdot (r + dr) \\ ds_2 &= d\phi \cdot r \end{aligned} \quad (3)$$

und für die optische Wellenlänge gilt:

$$ds_1 \cdot (n - dn) = ds_2 \cdot n \quad (4)$$

Der Krümmungsradius eines Strahls am Ort x ergibt sich damit:

$$r = \frac{n}{dn/dr} \quad (5)$$

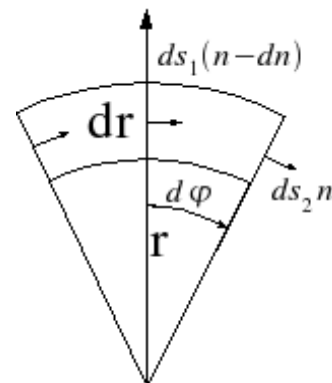


Abb. 2: Zur Ableitung des Krümmungsradius

Ein senkrecht zum Konzentrationsgefälle einfallender Lichtstrahl wird in Richtung zunehmender Konzentration gebrochen. Wenn sich die Diffusionszone in der vertikalen z -Richtung ausbildet, wird der Lichtstrahl ebenfalls in der z -Richtung abgelenkt. Mit dem Fortschreiten der Diffusion wird das Konzentrationsgefälle und damit auch die Ablenkung des Lichtstrahls immer geringer. Aus der zeitlichen Änderung des maximalen Ablenkwinkels des Lichtes in z -Richtung z_{max} kann auf die zeitliche Änderung des Konzentrationsgefälles in der Diffusionszone geschlossen werden.

Für den Diffusionskoeffizienten erhält man:

$$D = \frac{1}{z_{max}^2 \cdot t} \frac{d^2 \cdot a^2 \cdot (n_2 - n_1)^2}{4 \cdot \pi} \quad (6)$$

$$D = \frac{1}{\alpha} \frac{d^2 \cdot a^2 \cdot (n_2 - n_1)^2}{4 \cdot \pi}$$

d : durchstrahlte Flüssigkeitsdicke

a : Abstand zwischen Mitte des Diffusionsgefäßes und Projektionsschirms

n_1 : Brechzahl des Lösungsmittels

n_2 : Brechzahl der Lösung

3 Versuchsdurchführung

In einer Küvette K werden die beiden Flüssigkeiten sorgfältig übereinandergeschichtet. Ein Spalt S , der unter 45° gegen die Waagerechte geneigt ist, wird auf dem Projektionsschirm F abgebildet. Die Lichtstrahlen, die den Trog in verschiedener Tiefe (z -Richtung) durchsetzen, werden entsprechend dem Konzentrationsgefälle abgelenkt. Die maximale Ablenkung z_{max} kann aus dem Projektionsbild entnommen werden (Abb. 3). Mit der Messung von z_{max} kann ab Werten von 25...30cm begonnen werden.

Aus der grafischen Darstellung der zeitlichen Änderung von z_{max} in geeigneter Form kann die Größe α berechnet werden. Die für die Berechnung der Diffusionskonstanten benötigten Brechzahlen können mit einem Refraktometer bestimmt werden.

Die Diffusionsküvette und die Vorratsbehälter sind in Abb. 4 schematisch dargestellt. Zur Herstellung der Trennschicht sind folgende Schritte erforderlich:

- Füllen der Vorratsbehälter $B1$ mit der $NaCl$ -Lösung und $B2$ mit destilliertem Wasser.
- Füllen der Küvette (Diffusionsgefäß) mit destilliertem Wasser aus $B2$ nach $B3$.
Achtung! Sehr langsam füllen um Luftblasen in den Leitungen und in der Küvette zu vermeiden. Stellung des Zweiwegehahns $H1$ beachten.
- Unterschichten der $NaCl$ -Lösung aus $B1$, bis die Trennschicht oberhalb von Hahn $H4$ steht.

Achtung! Sehr langsam unterschichten, um ein Durchmischen in größeren Teilen der Küvette zu vermeiden.

- Herstellen einer scharfen Trennschicht mittels Tropfhahn $H4$.

Achtung! Nach Bedarf Wasser aus $B3$ oder $NaCl$ -Lösung aus $B1$ nachströmen lassen

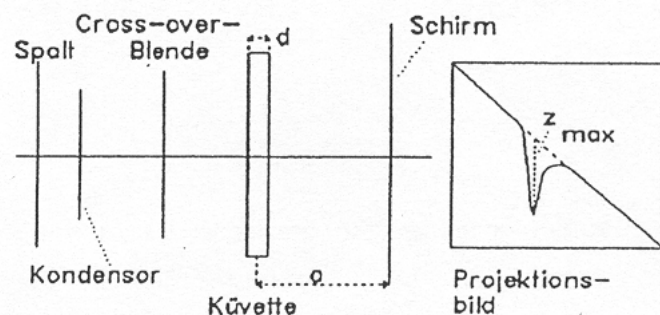


Abb. 3: Schema des experimentellen Aufbaus

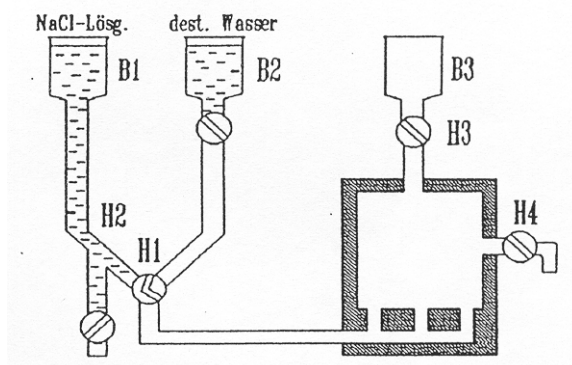


Abb. 4: Diffusionsküvette

4 Fragen

1. Wie hängt die Diffusionskonstante von der Temperatur ab?
2. Was versteht man unter der Diffusionsgeschwindigkeit und wie hängt sie mit der Diffusionskonstanten zusammen?
3. Wie ist die grafische Darstellung $f_{max} = f(t)$ zu gestalten, um die Größe α zu bestimmen?