



Molekulares Sieben - Mit Einmachfolie ins Diskontinuum

Jens Friedrich, Martin Fach, Mareike Wilms, Marco Oetken

Es ist eines der charakteristischen Kennzeichen der Chemie, experimentelle Beobachtungen nach einer zunächst phänomenologischen Betrachtung anschließend auf der submikroskopischen Ebene zu interpretieren. Schüler lernen daher im Anfangsunterricht Chemie das Teilchenkonzept kennen. So wird ihnen das Verständnis vieler aus dem Alltag bekannter Phänomene wie z.B. der Wechsel der Aggregatzustände, das Lösen von Zucker in Tee, die Gewinnung von Salz aus Meerwasser oder das Riechen von Düften ermöglicht. Das Teilchenkonzept ist damit ein wichtiger Teil der naturwissenschaftlichen Allgemeinbildung.

Der diskontinuierliche Aufbau der Materie bereitet Schülern jedoch oft Verständnisschwierigkeiten, da sie die körnige Struktur der Materie durch keine sinnliche Erfahrung erleben können. Das Teilchenkonzept folgt nicht unmittelbar aus experimentellen Beobachtungen. Es ist primär keine Sache des Sehens, sondern des sich „dazu Denkens“ und verlangt von den Lernenden ein hohes Abstraktionsniveau. Daher ist es wenig erstaunlich, dass in vielen empirischen Studien eine Fülle von alternativen Schülervorstellungen bezüglich einer Diskontinuumsvorstellung entdeckt worden sind. Diese Studien belegen, dass Schülern in allen Jahrgangsstufen das Wechselspiel zwischen der Beobachtungsebene, der submikroskopischen Ebene und der Repräsentationsebene außerordentlich schwer fällt. Insofern ist die schülergerechte Einführung einer ersten Teilchenvorstellung durch geeignete Experimente und Unterrichtskonzepte von großer Bedeutung.

Im Sinne konstruktivistischer Lerntheorien muss im Unterricht das Vorwissen der Schüler aktiviert und daran angeknüpft werden. Deshalb erscheint es sinnvoll, Schüler im Rahmen der Einführung des Teilchenkonzeptes an etwas zu erinnern, das auch im makroskopischen Bereich mit körnigen Strukturen in Verbindung gebracht werden kann: das Trennverfahren des Siebens.

Dieses Prinzip wird beim »Molekularen Sieben« auf die Teilchenebene übertragen, indem verschiedene Farbstofflösungen mit einer selektiv-permeablen Membran, gewöhnliche Einmachfolie, gesiebt werden. Das Hindurchtreten oder Nichthindurchtreten von Farbstoffmolekülen durch die Einmachfolie führt zu der Erkenntnis, dass auch die Farbstoffe aus verschiedenen großen Teilchen bestehen müssen.

In den beschriebenen Experimenten dient handelsübliche Einmachfolie als selektiv-permeable Membran. Einmachfolie besteht aus Cellulose und gleicht aufgrund deren faseriger Struktur eher einem Schwamm als einem Sieb. Die Poren der Schwammstruktur haben eine Größe von etwa 2,7 bis 2,8 nm.

Versuch 1: Sieben von Farbstofflösungen (Variante A)

Geräte und Chemikalien: 50 mL Bechergläser, Rollrandgläschen, Einmachfolie (z. B. der Firma DETI), Gummibänder, Stativmaterial, Farbstofflösungen nach Tabelle 1, Wasser.

Tab. 1. Farbstofflösungen in Versuch 1.

Farbstofflösung	Farbe	Konzentration	durchdringt
------------------------	--------------	----------------------	--------------------



Einmachfolie

Iod-Dextrin-Lösung	weinrot	s. Anleitung	nein
Iod-Stärke-Lösung	blau	s. Anleitung	nein
Kaliumpermanganat-Lösung	violett	1 mol/L	ja
Kaliumtriiodid-Lösung	braunrot	gesättigt	ja
Lebensmittelfarbstofflösungen	verschieden	gesättigt	ja
Malachitgrün-Lösung	grün	gesättigt	ja
Tinte (LAMY)	königsblau	unverdünnt	ja
Tinte (Pelikan)	brillantgrün	unverdünnt	ja

Herstellung der Iod-Stärke- bzw. Iod-Dextrin-Lösung:

Es wird eine 1%-ige Stärkesuspension in dest. Wasser hergestellt, auf ca. 70°C (nicht kochen!) erwärmt und anschließend durch einen feinen Filter heiß abfiltriert. Die Blaufärbung der Stärkelösung wird durch Zugabe von Kaliumtriiodid-Lösung erreicht. Dazu werden zu einer gesättigten Kaliumiodid-Lösung 0,05 mol/L Iod gegeben (z. B. 1,27 g Iod (I_2) in 100 mL gesättigter Kaliumiodid-Lösung). Zu der Stärkelösung wird nun so viel Kaliumtriiodid-Lösung hinzu gegeben bis die Lösung eine intensiv blaue Farbe angenommen hat.

Iod-Dextrin-Lösung wird auf dieselbe Weise wie Iod-Stärke-Lösung hergestellt. Bei Zugabe von Kaliumtriiodid-Lösung färbt sich die Dextrin-Lösung weinrot.

Durchführung: Die Rollrandgläschen werden etwa zur Hälfte mit den Farbstofflösungen befüllt und dann mit einem Stück Einmachfolie und einem Gummiband verschlossen. Es ist darauf zu achten, dass die Gummibänder sehr fest gespannt werden, um ein Auslaufen der Farbstofflösungen zu vermeiden. Nun werden die Rollrandgläser kopfüber jeweils in ein mit Wasser gefülltes Becherglas gehalten und am Stativ befestigt (Abb. 1).

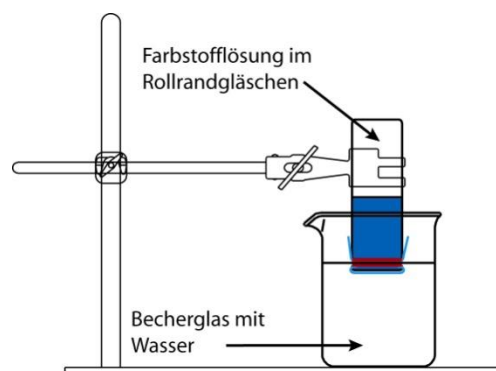


Abb. 1 Versuchsaufbau zum Sieben von Farbstofflösungen (Variante A).

Beobachtungen und Auswertung: Nach kurzer Zeit sind in einigen Bechergläsern farbige Schlieren unter den Rollrandgläsern zu erkennen (Abb. 2a, 2c). Die Teilchen der verwendeten Farbstoff-Lösungen sind klein genug, um die Poren der Einmachfolie zu durchdringen.



In den anderen Bechergläsern kann auch nach längerer Zeit keine Färbung beobachtet werden (Abb. 2b, 2d). In diesem Fall sind die Teilchen der eingesetzten Farbstoff-Lösungen zu groß, sie werden von der Einmachfolie aufgehalten.

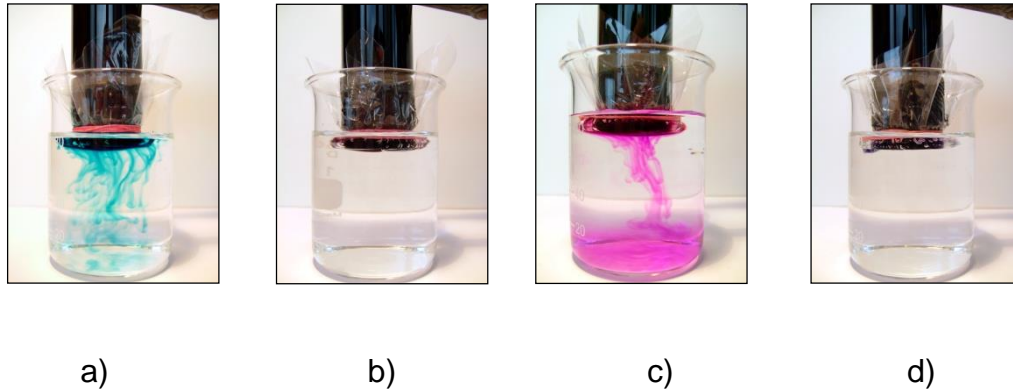


Abb. 3: Beobachtungen zum Molekularen Sieben (Variante A).

a) Malachitgrün-Lösung, b) Iod-Stärke-Lösung, c) Kaliumpermanganat-Lösung, d) Iod-Dextrin-Lösung

Versuch 2: Sieben von Farbstofflösungen (Variante B)

Geräte und Chemikalien: Rollrandgläschen, Einmachfolie, Gummibänder, Filterpapier, Farbstofflösungen nach Tabelle 1, gesättigte Natriumchlorid-Lösung, Wasser.

Durchführung: Die Rollrandgläschen werden etwa zur Hälfte mit den Farbstofflösungen befüllt und mit einem Stück Einmachfolie und einem Gummiband fest verschlossen. Die Rollrandgläschen werden nun kopfüber jeweils auf ein Filterpapier gestellt und (Abb. 4). Nun wird das Filterpapier in kürzeren Zeitabständen näher betrachtet. Dabei ist es hilfreich, das Filterpapier gegen eine Lichtquelle zu betrachten.

Um ein schnelleres Versuchsergebnis zu erzielen, bietet es sich an, die Filter vor dem Versuch mit Kochsalz zu präparieren. Dazu wird das Filterpapier durch gesättigte Natriumchlorid-Lösung gezogen und anschließend getrocknet.



Abb. 3 Versuchsaufbau zum Sieben von blauen Farbstofflösungen (Variante B).

Beobachtungen und Auswertung: Zunächst kann in allen Fällen ein Feuchtwerden des Filterpapiers beobachtet werden. Kurz darauf färbt sich das Filterpapier unter einigen Rollrandgläschen ein (Abb. 4a, 4c). Bei den anderen Rollrandgläschen ist keine Färbung des Filterpapiers zu erkennen (Abb. 4b, 4d).



Da das Wasser und die Farbe zu verschiedenen Zeitpunkten durch die Folie hindurch gelangen, muss eine Farbstofflösung aus verschiedenen Bestandteilen bestehen – das Lösungsmittel Wasser und die jeweils im Wasser gelöste Substanz. Wasserteilchen sind klein genug, um die Einmachfolie zu durchdringen; auch die kleineren Farbstoffteilchen können die Folie durchdringen, während die größeren Farbstoffteilchen von der Einmachfolie zurückgehalten werden.

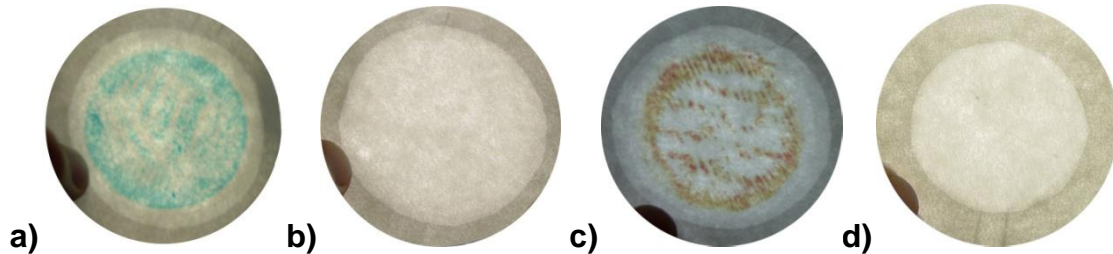


Abb. 4: Beobachtungen zum Molekularen Sieben (Variante B)

a) Malachitgrün-Lösung, b) Iod-Stärke-Lösung, c) Kaliumpermanganat-Lösung, d) Iod-Dextrin-Lösung.

Ausblick

Die Einführung des Teilchenkonzeptes gehört zu den wichtigsten, aber auch zu den schwierigsten Aufgaben des Anfangsunterrichts Chemie. Vielen Schülern bereitet die abstrakte Denkweise im Diskontinuum Probleme, so dass sie eine Vielzahl von alternativen Teilchenvorstellungen entwickeln. Mit dem hier vorgestellten alternativen experimentellen Ansatz des »Molekularen Siebens« im Rahmen einer von uns entwickelten Unterrichtskonzeption sollen die Schüler beim Erarbeiten und im Verständnis der Teilchenstruktur, also der Körnigkeit der Materie, unterstützt werden. Neben der Analogie zu einem makroskopisch bekannten Prozess können die Schüler aus ihren Beobachtungen zudem erkennen, dass ein Stoff während des Lösens nicht zufällig in beliebig große Stücke zerfällt, sondern aus einheitlichen, „vorgebildeten“ Teilchen besteht.