

Demonstrationsexperimente in Glasampullen

ULRICH LINK, KARIN KLIMM, MARTIN KNOLL,
RICHARD WIEDEMANN

Ringeisengymnasium
86513 Ursberg

Die beschriebenen Experimentieransätze sind unbegrenzt haltbar und beliebig oft – auch außerhalb der Chemiefachräume – einsetzbar. Der experimentelle Hergang und Reaktionsverlauf sind leicht durchschaubar und durch einen Vergleich von Anfangs- und Endzustand nachvollziehbar. Die Versuchsteile lassen sich neu kombinieren (bei geeigneter Montage der Ampullen), um neue Darstellungen der Versuchsinhalte zu entwerfen – eine Aufgabe, die gemeinsam mit den Schülern erarbeitet werden kann.

Vorbereitung, Materialien

Zur Herstellung der Glasampullen aus Reagenzglasern (z. B. 120 × 20) wird der Ampullenhals dünn ausgezogen, damit das Zuschmelzen mit Inhalt rasch erfolgen kann. Die Ampullen werden, ergänzt durch z. T. abdeckbare Erläuterungen, auf einer Demo-Tafel befestigt, z. B. durch dünne Drahtschlingen (Demontage möglich).

Lösungsverhalten von Alkoholen

Geräte/Chemikalien: 10 Ampullengläser, Hexan (Xn, F), Methanol (T, F), Ethanol (unvergällt – F), 1-Propanol (F), 1-Butanol (Xn), 1-Pentanol (Xn), Iod (Xn)

Durchführung: Jeweils 1 Raumteil Wasser, 1 RT Hexan und 1 RT eines Alkanols der Reihe Methanol ... Pentanol sowie ein Körnchen Iod werden in eine Glasampulle gebracht. Zwei weitere Ampullengläser mit 2 RT Wasser plus 1 RT Hexan und 1 RT Wasser

plus 2 RT Hexan dienen Vergleichszwecken, Wiederholungsansätze mit Methanol, Propanol, Pentanol der näheren Erläuterung.

Beobachtung: Es bilden sich in allen Ansätzen Zweiphasensysteme. Das Iod verteilt sich zwischen den Phasen; Gelbbraunfärbung läßt auf die Gegenwart von Sauerstoffverbindungen schließen (-O...I₂ Anlagerung). Der Volumenanteil der lipophilen Phase wächst schrittweise von einem Drittel (Methanol) auf zwei Drittel (Pentanol). Durch die Iodzugabe erzielt man eine schrittweise Umfärbung der Phasen: Die lipophile Phase zeigt eine Farbfolge von violett (Methanol; fehlt also in der lipophilen Phase) nach gelbbraun (Pentanol). In der hydrophilen Phase erhält man die Farbfolge schwach gelb (Methanol) ... intensiv gelb (Propanol) ... schwach gelb (Pentanol). Man erkennt die Rolle von Ethanol und Propanol als Lösungsvermittler.

Eigenschaften und Wirkungsweise von Indikatoren

Durch die übliche, rein phänomenologische Einführung der Indikatoren (Rotkrautsaft, Lackmus) etabliert sich leicht ein falsches, geradezu metaphysisches Bild von den Indikatoren, das leicht auf alle Farbstoffe übertragen wird (Indikatoren/Farbstoffe reagieren nicht, sie „verfärben“ sich). Der Versuch soll einen realistischeren, strukturbezogenen Farbstoffbegriff aufbauen helfen.

Geräte/Chemikalien: 6 Ampullengläser, zwei Objektträger, Bromthymolblau (BTB), Chloroform (Xn, nicht biol. abbaubar), Ethanol, Natriumchlorid, Natriumhydroxid, Salzsäure
Durchführung: 3 Ampullengläser werden jeweils mit einer sauren, einer neutralen und einer alkalischen wäßrigen BTB-Lösung gefüllt. In drei weiteren Ampullen werden bei entsprechenden pH-Werten BTB-haltige Zweiphasensysteme aufgebaut: Ein Gemisch aus zwei Dritteln Chloroform und einem Drittel Ethanol bildet die organische Phase, konz. NaCl-Lösung die wäßrige Phase. Zum Einstellen der neutralen Lösungen bewähren sich HCl- und NaOH-Lösungen, die etwa die 10fache Konzentration der BTB-Lösung haben. Zur Vorbereitung des Abschmelzens müssen

die Ampullenhülse unbedingt lang und dünn ausgezogen werden, da Chloroform unter Bildung von HCl thermolysiert. Zur Präsentation des reinen Indikatorfarbstoffes wird eine Probe BTB-Pulver zwischen zwei Objektträgern eingeschlossen.

Beobachtung: Die gelbe Form (= Indikator-säure, $C_{27}H_{27}Br_2O_2-SO_3H$), die im Säuren überwiegt, löst sich in der organischen Phase. Durch Reaktion mit NaOH bildet sich im Alkalischen die blaue Form des Indikatorfarbstoffes (= Indikatorbase), die aufgrund der ionisierten Sulfonsäuregruppe $-SO_3^-$ in der wäßrigen Phase löslich ist. Die im Einphasensystem grüne neutrale Lösung erweist sich durch den Vergleich mit dem Zweiphasensystem (org. Phase gelb, wäßrige Phase blau) als ein Gemisch von Indikatorsäure und Indikatorbase.

Ein quantitativer Versuch zum MWG

Komplizierte Reaktionsgleichungen und Farbmischung in der Reaktionsphase verhindern bei der Besprechung des Massenwirkungsgesetzes meist eine quantitative Versuchsauswertung. In dem einfachen Modellreaktionssystem $Br_2 + Br^- \rightleftharpoons Br_3^-$ (Tribromidbildung) erlaubt die direkte Beobachtung des Br_2 -Dampfdruckes eine mühelose Ermittlung der Gleichgewichtskonzentrationen.

Geräte/Chemikalien: Glasampullen, Brom(T, C), Natriumbromid, Chrom(III)-sulfat

Durchführung: Ausgehend von konz. Bromwasser ($c_0 = 0,2 \text{ mol/l}$) wird durch Verdünnen eine Konzentrationsreihe $c_0/2^n$ hergestellt. Einem zusätzlichen Ansatz mittlerer Konzentration werden einige Tropfen konz. Chromsulfatlösung zugesetzt. In drei Ampullen führt man die Einstellung des Tribromidgleichgewichts mit verschiedenen Anfangskonzentrationen herbei:

A) äquimolarer Ansatz: 1 RT 0,2 mol/l Br_2 -Wasser + 1 RT 0,2 mol/l Br^- Lösung

B) 3facher molarer Überschuß: 1 RT 0,2 mol/l Br_2 -Wasser + 1 RT 0,6 mol/l Br^- Lösung

C) 10facher molarer Überschuß: 1 RT 0,2 mol/l Br_2 -Wasser + 1 RT 2 mol/l Br^- Lösung

Beobachtung: Die Konzentration an freiem

Br_2 in der Lösung wird durch Färbung der Gasphase angezeigt (der Bromdampfdruck ist nach dem Raoult'schen Gesetz proportional zur Bromkonzentration in der Lösung). Der durch Chromsulfat schwarz gefärbte Ansatz lenkt die Aufmerksamkeit auf die Gasphase und dient als Übung zur Konzentrationsbestimmung. Die Gleichgewichtskonzentrationen $c_{GI}(Br_2)$ bzw. die bei der Gleichgewichtseinstellung umgesetzten Brommengen $x = c_0(Br_2) - c_{GI}(Br_2)$ lassen sich durch Vergleich mit der Verdünnungsreihe mit einer Genauigkeit von etwa $\pm 20 \%$ ablesen. Die übrigen Gleichgewichtskonzentrationen sind dadurch ebenfalls bekannt: Für die Tribromidkonzentration gilt $c_{GI}(Br_3^-) = x$, und die Bromidkonzentration ist $c_{GI}(Br^-) = c_0(Br^-) - x$. Für die Gleichgewichtskonstante ermittelt man $K = 30 \text{ l/mol}$. Zwischen den Vorhersagen des MWG und dem Experiment ergibt sich qualitativ und quantitativ (Tab. 1) volle Übereinstimmung.

Tab. 1 Gleichgewichtskonzentrationen nach dem MWG. Die Tabellenwerte sind ein Vielfaches von $c_0 = 0,2 \text{ mol/l}$

	Br_2	Br^-	Br_3^-
A) c_0	1,00	1,00	0,00
c_{GI}	0,33	0,33	0,66
B) c_0	1,00	3,00	0,00
c_{GI}	0,08	2,08	0,92
C) c_0	1,00	10,00	0,00
c_{GI}	0,02	9,02	0,98