

Hinweise zu den Demonstrationsexperimenten

Der allergrößte Teil der im Lehrbuch beschriebenen Experimente (»Was lässt sich beobachten?«) kann von der Lehrkraft im Reagenzglas oder in einfachen Apparaturen durchgeführt werden. Neben den Vorteilen der Kosten- und Zeitersparnis wird vor allem ein komplizierter, möglicherweise verwirrender Versuchsaufbau vermieden. Da die Chemie in den meisten Fällen eher als schwieriges Fach erscheint, können Experimente in der Anfangsphase gar nicht einfach genug sein. Nur wenige grundlegende, im Buch beschriebene Experimente aus dem Bereich der Physik und Biochemie sind in der Schule kaum nachvollziehbar. In diesen seltenen Fällen kann eventuell mit kurzen Filmausschnitten, Overheadfolien oder Computersimulationen teilweise Abhilfe geschaffen werden. Die meisten verwendeten Versuchsbeschreibungen sind in der einschlägigen Literatur zu finden. Lediglich die Mengenangaben sind dort häufig größer. Um Experimente perfekt vorführen zu können, ist Übung und Vertrautheit erforderlich. Ist im Lehrbuch die Versuchsdurchführung hinlänglich genau beschrieben, so fehlen bei den nachfolgenden Hinweisen die entsprechenden Angaben.

Seite 13) Landolt-Reaktion

Lösung A: 4,5 g KIO_3 in 1 Liter H_2O .

(Die 10 mL Lösung A sind mit 10 mL H_2O zu verdünnen und die 5 mL Lösung A mit 15 mL H_2O . Auf diese Weise erhält man normierte Startbedingungen und einen direkten Zusammenhang von Menge und Reaktionszeit.)

Lösung B: 0,58 g Na_2SO_3 + 0,5 g Salicylsäure in 1 Liter H_2O + 5 mL Ethanol + 2 g H_2SO_4 konz.

Stärkelösung: ca. 1%ig.

Stärkelösungen sind nicht sehr lange haltbar. Die Lösungen A und B hingegen sind im Kühlschrank über Jahre hinweg haltbar.

Seite 19) Blue-Bottle-Experiment

16,5 g NaOH in 0,5 Liter H_2O , davon 50 mL pro Versuch mit 1–2 Tropfen Methylenblau-Lösung versetzen und dann 1 g Glucose zugeben.

Methylenblau-Lösung: 0,2 g Methylenblau in 100 mL H_2O .

A2) Für die Destillation einer Lösung eignen sich zB eine Lösung aus Wasser und Methanol oder Wein. Die Chromatographie kann zB mit Filzstiften oder Ostereierfarben durchgeführt werden.

A3) Zur selbstständigen Durchmischung von Gasen eignen sich zB Bromdampf (1 Tropfen Brom im Standzylinder verdampfen lassen) und Luft.

Die selbstständige Durchmischung von Flüssigkeiten lässt sich beobachten, wenn man Wasser mit Kaliumpermanganat-Lösung unterschichtet. Dies gelingt am besten mithilfe einer Pipette samt Giftheber. Während des Abtauchens und Herausziehens wird

ständig Wasser angesaugt, um Spuren der Kaliumpermanganat-Lösung zu vermeiden.

A4) Die Thermolyse kann zB mit $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ (oder Ag_2O) durchgeführt werden. Beide Stoffe lassen sich rezyklieren. Zur Fotolyse eignet sich frisch gefälltes AgCl . Jeweils wenige mL 0,1-molare Silbernitrat-Lösung und Natriumchlorid-Lösung werden im Reagenzglas zusammengegeben. Die überstehende Lösung wird möglichst vollständig dekantiert, das Reagenzglas verschlossen und das nasse Silberchlorid an den Glaswänden durch Schütteln fein verteilt. Nach wenigen Minuten Belichten (mit Overhead-Projektor oder direkter Sonnenbestrahlung) kann man Chlorgeruch und schwarzgraue Silberabscheidung beobachten.

B2) Man kann zB Ölsäure zu 1 ‰ in Pentan lösen und 1 Tropfen der Lösung in eine mit Wasser gefüllte Glaswanne geben. Bedeckt man die Wasseroberfläche hauchdünn (zB mit Maisstärke), so kann die Ausbreitung des Ölflecks bequem über den Overhead-Projektor verfolgt werden.

B3) Elektronenstrahlröhren und Magnete finden sich in der Physiksammlung.

B4) Die verschiedenen Chloride lösen sich in Methanol, das mit entsprechender Flammenfärbung verbrennt.

C2) Das Zerschneiden eines »Maßbandes« mit den Atomsymbolen kann mit Papiermodellen im Unterricht durchgeführt werden.

C3) Am einfachsten sieht man Linienspektren, wenn man mit dem Taschenspektroskop die Deckenbeleuchtung untersucht.

D2) Versuchsdurchführung nach Obendrauf: Eine kleine Menge Natrium wird in einem Glühröhrchen kräftig erhitzt. Chlorgas aus einer Einwegspritze wird mittels Kanüle möglichst direkt auf das geschmolzene Natrium geleitet. Weniger aufwändig und spektakulärer ist die Reaktion von Al mit flüssigem Brom: Wenig Aluminiumgrieß wird unter dem Abzug mit einigen Tropfen Brom versetzt. (AlBr_3 ist aber keine rein ionische Verbindung.)

D5) Gewinnung von Blei aus PbO : 2,2 g PbO + 0,15 g C + 0,2 g Na_2CO_3 + 0,2 g K_2CO_3 innig vermischen, einige Minuten im Porzellantiegel zugedeckt glühen und dann schnell ausgießen. Die Elektrolyse gelingt mit einer ca. 0,1-molaren $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ -Lösung bei ca. 20 V.

E2) Eine gesättigte NaCl -Lösung wird mit Grafitelektroden elektrolysiert. Der Elektrolyseraum wird mit einem großen Kork oder Gummistopfen (durchbohrt von 2 Elektroden) luftdicht verschlossen.

H6) Etwa 1 g PbO_2 genügt für die Reaktion. Das Reagenzglas wird mit Glaswolle abgedichtet und ist anschließend nicht mehr verwendbar. Günstiger ist der Einsatz eines Nickeltiegels anstelle des bald brüchig werdenden Porzellantieglers. Es ist möglich, für Spanprobe und das Abwägen des Reaktionsprodukts das gleiche Reagenzglas zu verwenden.

I3) Nur wenige Iodkriställchen werden eingesetzt, um eine zu dunkle Färbung zu vermeiden.

I4) Ca. 12,5 mL Ethanol und 12,5 mL Essigsäure bzw. 20 mL Ethylacetat und 5 mL Wasser werden zusammengegeben. Ca. 10 Tropfen konzentrierte Schwefelsäure werden jeweils als Katalysator zugesetzt. Nach der Reaktion wird der Inhalt möglichst heiß in ein Becherglas mit Leitungswasser und Natriumhydrogencarbonat gegossen. Die Essigsäure ist noch im Rundkolben zu riechen, und der Ester wird als dünne Schicht im Becherglas sichtbar.

I5) In 2 mL ca. 0,1-molare HCl wird jeweils 1 Spatelspitze K_2CrO_4 bzw. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ gegeben. Anschließend werden wenige Tropfen konzentrierte Schwefelsäure bzw. 40%ige NaOH zugesetzt.

J2) Einfacher ist die Durchführung mit dem Schütteltrichter.

J4) In abgeschmolzenen Reagenzgläsern halten sich die nitrosen Gase über Jahrzehnte.

Detaillierte Hinweise finden sich in der Zeitschrift »Chemie und Schule« (2001, Nr. 1, Artikel von V. Obendrauf).

K2) Spektakulärer ist es, eine am Boden angebohrte Metalldose mit Plastikdeckel (zB für Tennisbälle) zu verwenden. Darin lässt man 5 Tropfen Pentan verdampfen, verschließt mit dem Deckel und zündet durch die Bohrung mit dem Bunsenbrenner.

K3) Von beiden Salzen werden etwa 2–3 Esslöffel verwendet.

K4) Siehe Seite 6: Seite 19) Blue-Bottle-Experiment

L2) Siehe Seite 6: Seite 19) Blue-Bottle-Experiment

L3) Die Reaktion wird mit 10%igem Wasserstoffperoxid durchgeführt. Die stabilisierende Phosphorsäure muss anfangs mit einem Tropfen konzentrierter Natronlauge zerstört werden.

L4) Für die Reaktion von Magnesium und Zink wird 0,1-molare Schwefelsäure verwendet. Die Demonstration der Katalysatorwirkung von Platin erfordert einiges Geschick: Ein Reagenzglas wird wie beim Praktikum H1 mit Wasserstoff gefüllt. Eine kleine Menge Platinasbest wird mit einer Pinzette an einem Stativ mittels Klemme befestigt. Das Platinasbest muss unmittelbar vor dem Auslösen der Knallgasreaktion mit dem Brenner kurz ausgeglüht und vorgewärmt werden. Zuletzt lässt man das Gas direkt unter dem Platinasbest ausströmen.

L5) 10%iges Wasserstoffperoxid wird verwendet. Das System Thiosulfat/Eisen(III) ist sehr empfindlich gegenüber den Anfangskonzentrationen: Man gibt wenige mL 0,1-molarer Eisen(III)-chlorid-Lösung in ein Reagenzglas und dazu 1–2 Kristalle Natriumthiosulfat.

M2) Man gibt mit der Spatel größere Portionen Bariumchlorid zu ca. 2 mL Wasser im Reagenzglas. Dabei wird auch eine Abkühlung gut bemerkbar. Calciumfluorid kann durch Fällung frisch hergestellt werden und nach Zentrifugieren und Dekantieren für die (nicht funktionierende) Lösereaktion verwendet werden.

M3) Um möglichst viele Fällungsreaktionen rasch zeigen zu können, bereitet man 0,1-molare Lösungen von Kupfer(II)-nitrat, Natriumhydroxid, Natriumnitrat, Natriumcarbonat, Natriumsulfat, Natriumiodid, Bariumnitrat und Blei(II)-nitrat vor.

M4) Das verwendete Natriumacetat muss kristallwasserhaltig sein, da sonst infolge der Bildung von Aquakomplexen eine exotherme Reaktion zu beobachten ist. Für die Kristallisation sind die Mengenverhältnisse (20 g Natriumacetat in 10 mL Wasser) genau einzuhalten. Am besten verteilt man die übersättigte Lösung auf mehrere kleine Reagenzgläser, stellt diese in den Kühlschrank und lässt die Schüler/Schülerinnen später die Kristallisation aus nächster Nähe sehen und die Reaktionswärme erfühlen. Analog funktionierende Wärmepads sind im Handel erhältlich. Das Natriumacetat kann durch Verdunsten bequem rezykliert werden.

M5) Man löst jeweils eine kleine Spatelspitze Blei(II)-nitrat, Bariumnitrat und Cobalt(II)-nitrat in ca. 10 mL Wasser. Die Fällung gelingt mit wenigen Tropfen konzentrierter Lösungen von Natriumiodid, Natriumsulfat und Natriumhydroxid. Die Niederschläge werden am bequemsten mit der Zentrifuge abgetrennt.

N2) Die erforderlichen Reagenzien sind bereits für das Praktikum N1 zubereitet worden.

N3) 1 kleine Spatelspitze Eisen(III)-nitrat wird in ca. 5 mL Wasser gelöst. Dazu kommen einige Spatelspitzen Natriumchlorid, die durch Schütteln gelöst werden. Anschließend wird der Vorgang mit einer Spatelspitze Natriumfluorid wiederholt.

N4) Man verwendet eine ca. 0,1-molare Kupfer(II)-sulfat-Lösung. Die Fällung erfolgt mit einigen Tropfen 1-molarer Natriumhydroxid-Lösung. Die Lösereaktion wird mit 1–2 mL halbkonzentrierter Ammoniak-Lösung durchgeführt.

N5) Der Versuch wird durchgeführt mit: 0,1-molarer Kupfer(II)-sulfat-Lösung, 0,1-molarer Silbernitrat-Lösung, 1-molarer Natriumchlorid-Lösung und halbkonzentrierter Ammoniak-Lösung.

O2) Zum Einsatz kommen: Methylrot als Indikator, 1 Spatelspitze Natriumsulfat und 1 Tropfen konzentrierte Schwefelsäure. Die Fällung erfolgt mit wenigen Tropfen 1-molarer Bariumchlorid-Lösung.

O3) Ein geringer Wassergehalt der konzentrierten Schwefelsäure macht die Reaktion unmöglich. (Mäßiges Erwärmen schafft in diesem Fall Abhilfe.) Als Nachweisreagenzien verwendet man Methylrot, 1-molare Natriumchlorid-Lösung und 0,1-molare Silbernitrat-Lösung.

O4) Die verwendete Essigsäure und Salpetersäure sind konzentriert. Der Wassergehalt wird bei der Überschlagsrechnung vernachlässigt. Statt 1 g abzuwägen kann man näherungsweise auch 1 mL abmessen.

O5) Man gibt zu wenigen mL Wasser im Reagenzglas einige Tropfen Methylrot-Lösung. 1 Spatelspitze Aluminiumsulfat bewirkt den Farbumschlag des Indikators, nicht aber die gleiche Portion Natriumsulfat oder Magnesiumsulfat.

P2) Siehe P1.

P3) 1 einziger Tropfen einer 1-molaren starken Säure oder Base verändert den pH-Wert in $\frac{1}{4}$ Liter Wasser deutlich. Die Stoffe, die beim Praktikum P1 untersucht wurden, können auch hier getestet werden.

P4) Die Verschiebung des Indikatorgleichgewichts erfolgt bereits mit 1 Tropfen einer 1-molaren starken Säure oder Base. Die Indikator-Lösungen werden folgendermaßen hergestellt:
0,5 g Methylrot + 40 mL Wasser + 60 mL Ethanol
0,1 g Phenolphthalein + 30 mL Wasser + 70 mL Ethanol
0,1 g Bromthymolblau + 80 mL Wasser + 20 mL Ethanol

P5) Die gut erkennbare Mischfarbe von Methylrot (Umschlagbereich pH 4,2–6,3) ist nicht genau beim Puffer pH-Wert des Systems Essigsäure/Acetat (4,8) zu erkennen. Deshalb nimmt man zur Herstellung des Puffers für 1 g Natriumacetat nur 0,1 g (ca. 5 Tropfen) konzentrierte Essigsäure und 10 mL Wasser. (Ca. 0,5 g konzentrierter Essigsäure entspricht der äquimolaren Menge.) Eine ungepufferte Lösung, die die Mischfarbe von Methylrot aufweist, erhält man aus 10 mL Wasser mit 1 Tropfen 2-molarer Essigsäure. Die Wirkungsweise des Puffersystems kann mit einigen Tropfen 0,5-molarer Natriumhydroxid-Lösung bzw. 0,5-molarer Salzsäure getestet werden. Problemlos erreicht man die Übereinstimmung des Umschlagpunktes des Indikators mit dem Puffer-pH durch die Verwendung von Kongorot. Das Kongorot steht allerdings im Verdacht, krebserregend zu wirken. Auch die Verwendung des pH-Meters ist möglich.

Q2) Man verwendet eine 0,1-molare Kupfer(II)-sulfat-Lösung. Die Fällung und Komplexierung wird mit halbkonzentrierter Natronlauge durchgeführt.

Q3) Magnesium reagiert rasch mit 1-molarer Salzsäure. Man gibt wenige Kupferspäne mit 2 mL konzentrierter Salpetersäure in ein Reagenzglas, das in den Abzug gestellt wird. Nach Beendigung der Reaktion wird mit Wasser verdünnt.

Q4) Alle Salze (Natriumfluorid, Natriumchlorid, Natriumbromid, Natriumiodid) werden in gleich viel Wasser, ca. 3 mL, gelöst. Die verwendete Kaliumpermanganat-Lösung ist ca. 0,02-molar.

Q5) Alle verwendeten Lösungen (Zinknitrat, Blei(II)-nitrat, Kupfer(II)-nitrat, Kalium- oder Natriumnitrat in der Salzbrücke) sind 1-molar.

R2) Um maximale Leuchtstärke zu erreichen, werden möglichst konzentrierte Lösungen von Magnesiumchlorid und Kupfer(II)-chlorid verwendet. Das Magnesiumband kann zuvor um einen Bleistift gewickelt werden, damit sich seine Oberfläche vergrößert.

R3) Optimale Ergebnisse beim Galvanisieren erzielt man zB mit folgender Lösung:
12,5 g Kupfer(II)-sulfat + 5 g konzentrierte Schwefelsäure + 5 g Ethanol in 100 mL Wasser.

R4) Die verwendete Schwefelsäure ist ca. 2-molar. Es ist günstig, die Bleiplatten immer mit der gleichen Polung aufzuladen.

R5) Die auf Seite 129 abgebildete Brennstoffzelle ist bei der Fa. Heliocentris, Energiesysteme GmbH, Berlin, erhältlich.

S2) Die Natriumsilicat-Lösung wird mit einigen Tropfen konzentrierter Salzsäure versetzt, der Niederschlag eventuell durch Zentrifugieren abgetrennt.
Der chemische Garten war eines der Lieblingsexperimente von J. W. v. Goethe. Als Natriumsilicat-Lösung verwendet man Natronwasserglas, 1 : 1 mit Wasser verdünnt. Zur Reaktion eignen sich bestens Salzbröckchen mit einigen Millimetern Durchmesser von Eisen(III)-chlorid, Magnesiumchlorid, Nickel(II)-chlorid, Cobalt(II)-chlorid, Mangan(II)-chlorid.

S3) Das Wasser in den Gaswaschflaschen wird mit Bromthymolblau-Lösung versetzt. Die saure Wirkung von Kohlendioxid lässt sich beobachten, indem Atemluft durch eine Gaswaschflasche geblasen wird. Das zugesetzte Bromthymolblau muss anfangs seine Mischfarbe aufweisen.

S4) Die restliche Luft erreicht nach wenigen Minuten ihr endgültiges Volumen und ist ausreichend abgekühlt. Die Bildung von Phosphorsäure wird mit Methylrot nachgewiesen.

S5) CuO und Kohlenstoff (zB Activated Charcoal der Fa. Fluka) werden im Verhältnis 2:1 gemischt. Das entstehende CO₂ kann zum Nachweis in Kalkwasser eingeleitet werden.
Man verwendet ca. 1 cm³ sehr feine Stahlwolle (eventuell mit 0,5 M HCl vorgereinigt) und eine 5%ige CuSO₄-Lösung.

T3) Baeyer-Reagenz (Test auf $\text{C}=\text{C}$)

Lösung 1: 6 g KMnO₄ + 100 mL H₂O

Lösung 2: 10 g Na₂CO₃ + 100 mL H₂O

Testreagenz: 1 Teil Lösung 1 + 10 Teile Lösung 2

1 Tropfen Testreagenz für 2 mL Probe

T4) 1 Stück Würfelzucker kann mit dem Bunsenbrenner zum Brennen gebracht werden, wenn er zuvor fest in Zigarettenasche hineingedrückt worden ist.

U2) 1 g 2,4-Dinitrophenylhydrazin wird in 25 mL Ethanol + 8 mL reinem H₂O suspendiert. Mit 5 mL konzentrierter H₂SO₄ entsteht eine klare, orangefarbene Testlösung.

Durchführung der Nachweisreaktion: zu 3 mL Testlösung kommen wenige Tropfen Testsubstanz.

U3) Bevor die Reaktionsträgheit des Diethylethers demonstriert werden kann, müssen allfällige Verunreinigungen mit Natrium beseitigt werden.

V3) Gleichgewichtsverschiebung von Phenolphthalein: siehe P4. Das Blue-Bottle-Experiment mit Methylenblau ist auf Seite 6 (Seite 19, Blue-Bottle-Experiment) beschrieben.

V4) ½ Walnuss wird in einer Reibschale gründlich zermahlen und mit 5 mL Heptan in einem Reagenzglas gut ausgeschüttelt. Die überstehende Lösung wird dekantiert und mit Baeyer-Reagenz (siehe T3) getestet.

V5) Eine Rasierklinge oder ein Aluminiumblech in Münzgröße wird zunächst auf ein Stück Löschpapier gelegt. Beides zusammen gibt man vorsichtig auf die Wasseroberfläche. Das Löschpapier wird anschließend so aus dem Wasser gezogen, dass das Metallstück auf der Wasseroberfläche schwimmt. 1 Tropfen Spülmittel wird nachträglich möglichst weit entfernt von dem schwimmenden Objekt zugegeben. Das Experiment kann gut mit dem Overhead-Projektor sichtbar gemacht werden.

W2) Statt in einem großen Reagenzglas wird die Hydrolyse von Kokosfett bequemer in einem Becherglas durchgeführt. Das geschmolzene Kokosfett muss mindestens 5 Minuten mit 10 mL 5-molarer NaOH gekocht werden. Das verdampfende Wasser wird von Zeit zu Zeit ergänzt.

W3) Fehling-Lösung I: 7 g Kupfer(II)-sulfat in 100 mL Wasser
Fehling-Lösung II: 37 g Kaliumnatriumtartrat + 10 g Natriumhydroxid in 100 mL Wasser
Je 2–3 mL der Fehling-Lösung I und II werden in einem Reagenzglas mit wenigen Tropfen Ethanol erhitzt. Ebenso werden 2–3 mL Fehling-Lösung I und 2–3 mL Fehling-Lösung II zusammen mit 1 Spatelspitze Glucose erwärmt.

X2) 0,1 g Watte oder Filterpapier werden in einem Reagenzglas mit 1 mL konzentrierter Schwefelsäure übergossen und solange mit einem Glasstab gerührt, bis ein hellbrauner Sirup entstanden ist. Dieser wird mit 10 mL Wasser verdünnt und am Wasserbad ca. 15 Minuten erwärmt. Davon werden 2 mL entnommen und mit 2 Plätzchen Natriumhydroxid neutralisiert. Anschließend wird die Fehling-Reaktion durchgeführt wie mit der Glucose. Längeres Hydrolysieren führt zu einer kräftigeren Fehling-Reaktion.

Y2) 2 mL Hexandisäurechlorid (Adipinsäurechlorid) werden in 50 mL Heptan gelöst. 2 mL Hexan-1,6-diamin werden in 50 mL Wasser gelöst, das mit wenigen Tropfen Phenolphthalein-Lösung angefärbt werden kann. Ein Nylonfaden lässt sich mit einer Pinzette von der Grenzfläche wegziehen und um einen Glasstab aufwickeln.

Y3) Siehe Praktikum Y1.

Y4) 2 mL einer wässrigen Harnstoff-Lösung (10%ig) werden mit einer Spatelspitze Urease und wenigen Tropfen Phenolphthalein-Lösung versetzt. Nach kurzer Zeit wird die Lösung basisch.