

alkoholischer Lösung zuzügelt. Der Wasserstrahl ist dann prächtig rot gefärbt.

3.2 Ammoniak-Springbrunnen – Medtech-Varianten [2], [3]

Gefährdungsbeurteilung siehe Online-Ergänzung

3.2 a) Schülerübungsvarianten, übliche Durchführung auf dem Tisch (Abb. 4)

Geräte: Kunststoffwanne (z. B. Tiefkühlbox, 0,75 L); Spritze 20 mL mit Ammoniak(g) (reizend Xi, GHS 01) (GHS 06) (GHS 05) (GHS 09) gefüllt

Chemikalien: Wasser; ethanolische Thymolphthalein-Lösung

Durchführung: Man füllt die Kunststoffwanne mit Wasser und gibt Thymolphthalein als Indikator hinzu. Unter Wasser getaucht wird die Spritze geöffnet. Gleichzeitig hält man den Stempel fest in seiner Position. Man zieht einen Tropfen Wasser in die Spritze.

Beobachtungen: In der Spritze entsteht ein Unterdruck, der das Wasser in den Innenraum zieht. Die Spritze füllt sich (fast) vollständig mit Wasser. Die Lösung färbt sich blau.

Auswertung: In dem Wassertropfen löst sich fast das gesamte Gas. Dadurch entsteht der Unterdruck. Es bildet sich Ammoniakwasser, das den Indikator blau färbt. $\text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow (\text{NH}_4)^+(\text{aq}) + (\text{OH})^-(\text{aq})$

Wenn die Schüler den Stempel festhalten, werden sie den entstehenden Unterdruck spüren. Alternativ kann der Stempel der Spritze mit Hilfe eines Nagels fixiert werden.

3.2 b) Varianten an der Magnet-/Weißwandtafel

Weitere Varianten bestehen in der Verwendung von zwei miteinander über einen

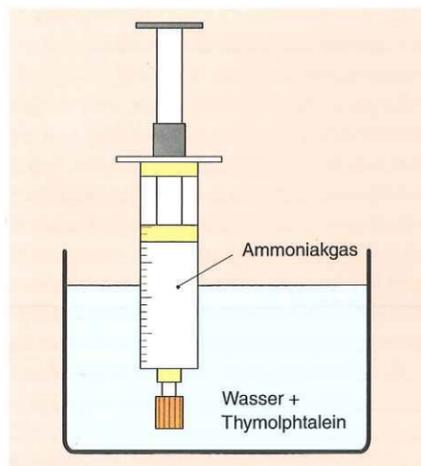


Abb. 4: Springbrunnenversuch mit Ammoniak [2]

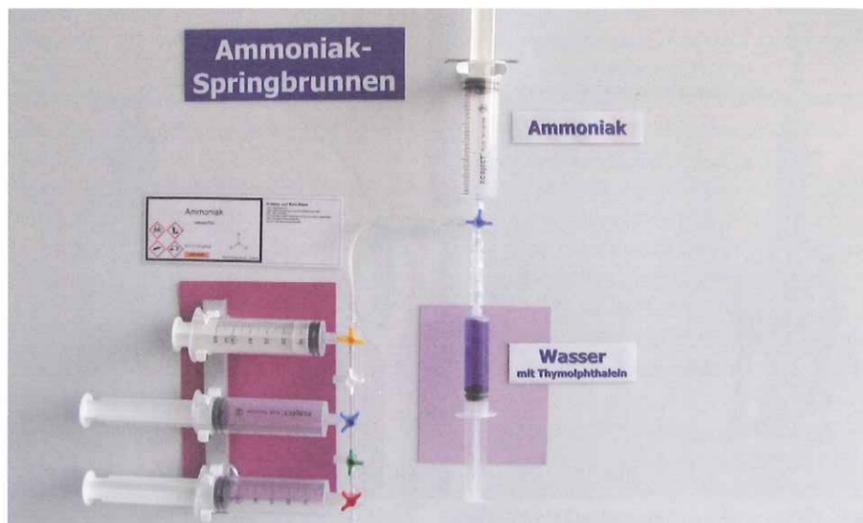


Abb. 5: Ammoniak-Springbrunnen, Medtech-Variante

Dreiweghahn (und gegebenenfalls einen Female-female-Adapter) verbundenen Spritzen [3]. Diese Anordnungen bieten den Vorteil, dass der Versuch auf einfache Weise mehrfach wiederholt werden kann und so die extrem große „Löslichkeit“ von Ammoniak in Wasser deutlich wird.

Die Varianten an der Magnet-/Weißwandtafel eignen sich sowohl für Demonstrationsexperimente als auch – bei Verwendung kleinerer Tafeln und passender Halterungen – für Schülerübungen. Die Technik führt zu einer deutlich besseren Sichtbarkeit, Übersichtlichkeit und Ästhetik des Aufbaus. [4]

Geräte und Chemikalien: Spritze 20 mL mit Bohrung und Nagel zur Fixierung des Kolbens, Spritze 10 mL, Dreiweghahn (und Female-female-Adapter), Mehrere (z. B. sechs) 20-mL-Spritzen mit Ammoniak gefüllt, Heidelberger Verlängerung (15 cm) Durchführung: Die 10-mL-Spritze wird mit 10 mL Wasser gefüllt, das mit ein paar Tropfen Thymolphthalein versetzt wurde. Der Apparat aufbau erfolgt entsprechend der Abbildung 5. Die 20-mL-Spritze wird mit Ammoniak gefüllt und deren Kolben mit Hilfe des Nagels fixiert.

Dann werden über den Dreiweghahn (und den Female-female-Verbinder) die beiden Spritzen miteinander verbunden. Wenige Milliliter des Wassers werden in die mit Ammoniak gefüllte Spritze gedrückt. Das Wasser sprudelt heftig in das Innere und färbt sich blau. Nach dem Entfernen des Nagels bleibt nur ein kleiner Gasrest übrig, der Kolben sinkt fast bis auf die Wasser-Oberfläche.

Zur Wiederholung des Experiments wird das Ammoniakwasser in die kleine Spritze zurück gedrückt. Anschließend füllt man über den Dreiweghahn aus der

ersten Vorratsspritze, die an der Hahnenbank sitzt, die 20-mL-Spritze erneut mit Ammoniak, fixiert den Kolben und wiederholt das Experiment.

Die Wiederholung ist bei Verwendung einer Hahnenbank mit fünf Spritzen fünf Mal möglich. Theoretisch lassen sich mehr als 300 Wiederholungen durchführen.

Hinweise:

- 1) In 10 mL Wasser „lösen“ sich bei 20°C ca. 7600 mL Ammoniakgas!
- 2) Wenn das Experiment als Demonstrationsversuch durchgeführt werden soll, können auch größere Spritzen (60-mL-Spritzen für das Ammoniak, 20-mL-Spritze für das mit Thymolphthalein versetzte Wasser) verwendet werden. ■

Literatur

- [1] Chemisches Experimentierbuch für die Jugend – Taschenbuch Nr. 25, herausgegeben von der Redaktion des Guten Kameraden; Union Deutsche Verlagsanstalt; Stuttgart, Berlin, Leipzig; 8. Auflage 1921
- [2] B.-H. Brand, Low-cost Experimente, Versuche mit medizintechnischen Geräten. www.bhbrand.de/downloads/lowcost-skript27506.pdf (letzter Zugriff: 10. 12. 2012)
- [3] G. von Borstel, Chemie mit medizintechnischem Zubehör, Experimente mit ChemZ, Handbuch zu den Versuchen, Version 2, S. 32 (2012). www.lncu.de (letzter Zugriff: 13. 12. 2012)
- [4] Th. Grofe, B. Beyer-Evensen, Chemische Experimente an Magnettafeln – Eine faszinierende Technik mit vielen Vorteilen. PdN-ChiS 59 (4), S. 16–18 (2010)

Anschriften der Verfasser

Dr. Bernd-H. Brand, Sachsenstraße 7, 32257 Bünde, E-Mail: BH_Brand@t-online.de
Theodor Grofe, Im Westerfelde 6A, 21391 Reppenstedt, E-Mail: th.grofe@t-online.de

Vor- und Nachteile einiger Experimente mit Alkalimetallen

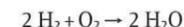
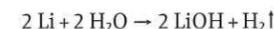
N. Hantschel

In diesem Beitrag wird gezeigt, wie altbekannte Versuche mit Alkalimetallen in vereinfachten Varianten schneller, sicherer und kostengünstiger durchgeführt werden können. Dabei geht nichts von der Faszination der Versuche mit diesen außergewöhnlichen Metallen verloren.

Stichwörter: Alkalimetalle, Reaktion mit Wasser, Flammenfärbung

1 Sieblöffel oder Pinzette?

Es war einmal ein Sieblöffel ... Ja, wahrscheinlich rostet er in jeder chemischen Sammlung in einer Schublade vor sich hin und hat letztendlich ausgedient! „Warum?“ wird sich ein erfahrener Chemiker fragen. Schließlich verfügt das Demonstrationsexperiment: „Lithium reagiert mit Wasser im Sieblöffel mit der anschließenden Knallgasprobe“ über eine relativ hohe Erfolgsquote. Durch die Reaktion des Lithiums mit Wasser entsteht Wasserstoff, der im vollständig mit Wasser gefüllten Reagenzglas aufgefangen wird und im Zuge der Knallgasprobe mit dem Luftsauerstoff reagiert. Beide Reaktionen verlaufen exotherm.



Bei genauer Betrachtung wird jedoch klar, dass prinzipiell mindestens eine Luftblase im Sieblöffel unter Wasser gedrückt wird. Demnach befindet sich im Reagenzglas neben dem Wasser schon rasch ein Knallgasgemisch, das bereits beim Aufheben explodieren kann.

Dieses Experiment darf übrigens keinesfalls mit Natrium oder Kalium durchgeführt werden.

„Bei diesem Versuch kommt es immer wieder zu heftigen, unerwarteten Explosionen, ... Über die Ursache dieser manchmal recht folgenschweren Unfälle gibt es nur Vermutungen, aber bisher keine gesicherten Erklärungen.“ [1]

„Weshalb dennoch auf altbewährte Experimente verzichten? Bei mir ist noch nie etwas passiert!“ denken unter Umständen auch jetzt einige Leser, wie ich selbst vor einigen Jahren. Die Alternativen sind manchmal jedoch weniger umständlich und ebenso effektiv.

Viel einfacher und ohne die bedenklichen Gefahren gelingt der Versuch mittels Pinzette: Die detaillierte Anleitung des Experiments finden Sie im Akademiebericht Dillingen Nr. 475: „Chemie? – Aber sicher!“ (2. Auflage) S. 07–21).

Das ca. stecknadelkopfgroße Lithiumstück muss nicht erst in den Sieblöffel überführt werden. (Da spart man auch die sachgerechte Entsorgung der am Löffel anhaftenden Metallreste sowie die anschließende Reinigung). Das Alkalimetall wird einfach mit der Pinzette unter die Reagenzglasöffnung des vollständig mit Wasser gefüllten Reagenzglases gehalten, die wesentlich exakter anvisiert wird. Man kann das Lithium dann loslassen. Es reagiert auf der Wasseroberfläche im Reagenzglas. Gibt man einige Tropfen Phenolphthaleinlösung in das Wasser, so wird durch die Rosafärbung die Entstehung einer Lauge angezeigt. Im Reagenzglas befindet sich nach der Reaktion ausschließlich reiner Wasserstoff, der mit-

tels Knallgasprobe nachgewiesen werden kann. Ausprobieren lohnt sich!

Zur Reaktion von Lithium und Natrium mit Wasser eignen sich des Weiteren folgende Experimente:

In einer möglichst großen Petrischale aus Glas, die zu $\frac{3}{4}$ mit Wasser und einigen Tropfen Phenolphthaleinlösung sowie etwas Spülmittel gefüllt wird, kann die Reaktion von Lithium oder Natrium mit Wasser in der Projektion mittels Overheadprojektor eindrucksvoll gezeigt werden. Die Petrischale wird mit einem Glasdeckel verschlossen.

Die Alkalimetalle zeigen mit Wasser eine heftige Reaktion. Lithium schwimmt zischend hin und her, ohne dabei zu schmelzen. Die Reaktion verläuft langsamer als bei Natrium, das zu einer Kugel schmilzt. Während der Reaktionen entstehen hinter dem umher gleitenden Metallstückchen himbeerrosafarbene Schlieren.

Der Farbumschlag des Phenolphthaleins von Farblos nach Himbeerrosa zeigt,

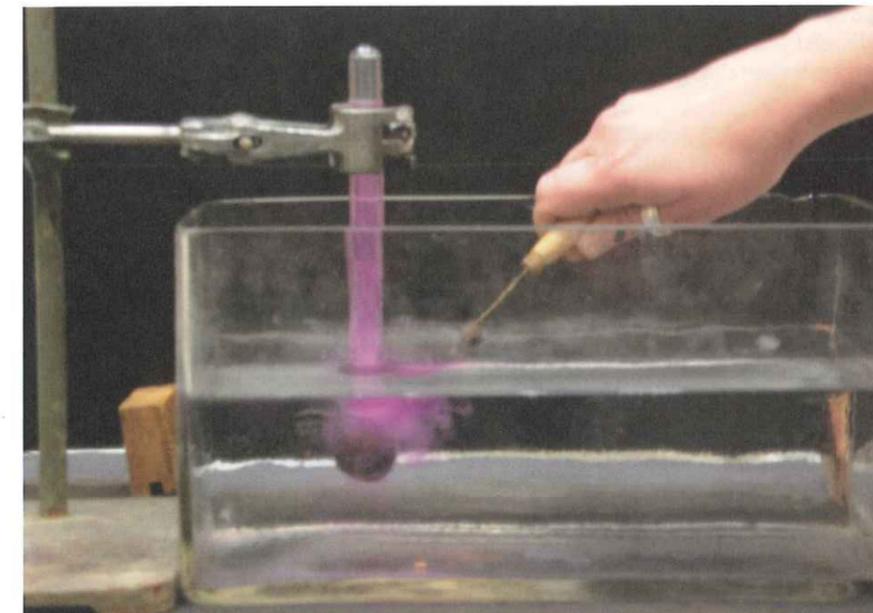


Abb. 1: Sieblöffel mit Alkalimetall unter Wasser



Abb. 2: Pinzette mit Lithium unter Wasser

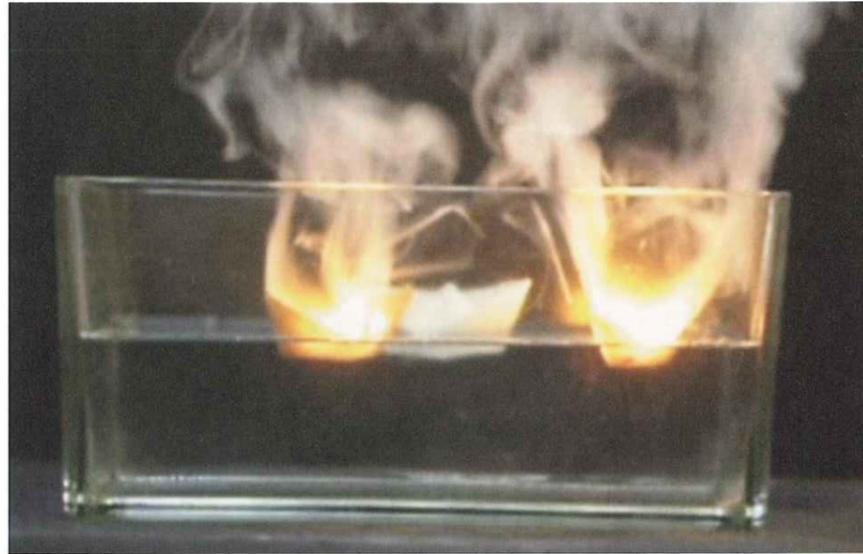


Abb. 4: Schiffe mit Natrium auf Wasser



Abb. 3: Alkalimetall auf Wasser auf dem OHP

dass bei der Reaktion des Alkalimetalls mit Wasser eine Lauge entsteht. Der entstehende Wasserstoff „trägt“ die Metallkugel auf der Wasseroberfläche. Die Dichte der Metallkugel ist geringer, als die des Wassers.



Besonders schön ist dieser Vorgang in der Projektion sichtbar. Von der Seite betrachtet liefert das Experiment für die Schüler nur schwer erkennbare Beobachtungen. (Vgl.: Anleitung Akademiebericht Dillingen Nr. 475: „Chemie? – Aber sicher!“ (2. Auflage) S. 07–23).

2 Filterpapier als flaches Blatt oder als Schiffchen?

Alternativ kann z. B. ein halberbsengroßes, entrindetes Natriumstück auf ein Stück Kaffeefilter (dieses Papier eignet sich besonders gut) gelegt werden. In nebenstehender Abbildung ist das

Filterpapier zu kleinen Schiffen gefaltet. Werden diese in eine mit Wasser (und Phenolphthaleinlösung und einigen Tropfen Spülmittel) gefüllte Wanne gesetzt, so saugen sich die Schiffchen mit Wasser voll und gehen kurze Zeit später in Flammen auf. Durch die freiwerdende Wärme der exothermen Reaktion entzünden sich Papier und Wasserstoff. Dieses Experiment ist eher als Schauversuch geeignet oder um den exergonischen Charakter der Reaktion sowie die Entzündbarkeit von Wasserstoff zu demonstrieren. Dabei sollte die Größe der Schiffchen eine Länge von ca. 4 cm nicht überschreiten, da sonst die Rauchentwicklung sowie die Brandgefahr zu groß werden. (Vgl.: Akademiebericht Dillingen Nr. 475: „Chemie? – Aber sicher!“ (2. Auflage) S. 025–23).

Hinsichtlich der für die Schüler im Zuge des Praktikums geeigneten Experimente bietet die Flammenfärbung der Alkalimetallsalze ein sehr breites Spektrum an Möglichkeiten und ist unter der Leitlinie Fachmethoden/Erkenntnisgewinnung im Zuge der analytischen Chemie nicht mehr weg zu denken:

3 Magnesiastäbchen oder Büroklammer?

Den Klassiker, bei dem die unterschiedlichen Alkalimetallsalze in einer Abdampfschale oder auf einem Uhrglas leicht befeuchtet werden und mittels ausgeglühtem Magnesiastäbchen in der Brennerflamme die charakteristischen Farben anzeigen, kennt jeder Chemiker aus dem Studium. Nachteilig sind jedoch die relativ hohen Kosten der Magnesiastäbchen sowie die Dauer, bis störende Natriumsalze verglühen. Oftmals bleibt

auch zu viel Substanz am Magnesiastäbchen haften und fällt in das Gasrohr des Brenners. Vorteilhaft ist ohne Zweifel der sehr geringe Vorbereitungsaufwand, da keine zusätzlichen Geräte verwendet werden.

Sollte der Vorrat an Magnesiastäbchen zur Neige gehen, kann das Experiment nahezu problemlos mit einer aufgebogenen Büroklammer aus Stahl durchgeführt werden, die mit einer Tiegelzange in die Brennerflamme gehalten wird:

Allerdings besteht im Vergleich zu dem Experiment mit dem Magnesiastäbchen Verbrennungsgefahr, da die Schüler die hohe Temperatur der Büroklammer leicht unterschätzen. Zudem muss die Handhabung mittels Tiegelzange geübt sein.

Ebenfalls sehr lohnend und für Schülerübungen geeignet können geringe Mengen der Salzlösungen der Alkalimetallsalze hergestellt und jeweils mit einer Spritze aufgezogen werden. Die Kanülen sind dabei bereits abgestumpft. Anschließend wird die jeweilige Salzlösung wieder ausgeleert. Wird jetzt ausschließlich Luft eingesaugt, so kann diese mit Hilfe der Spritze in die Brennerflamme gepusht werden. Die an der Spritzenwand anhaftenden Ionen werden mit versprüht, verglühen in der Flamme und zeigen die charakteristische Färbung. Vorteilhaft dabei ist, dass die Schüler die sichere Handhabung von Spritzen dabei einüben und erlernen. Eher nachteilig ist die kurze Dauer der Flammenfärbung. Wiederholtes Aufziehen der Luft und erneutes Einblasen in die Flamme sind jedoch jederzeit möglich. (Vgl.: Akademiebericht Dillingen Nr. 475: „Chemie? – Aber sicher!“ (2. Auflage) S. 09–7).

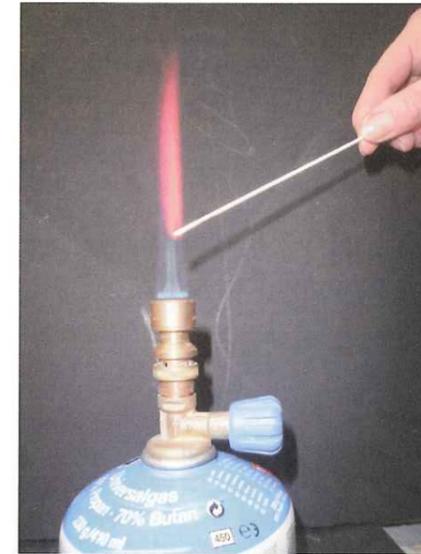


Abb. 5: Magnesiastäbchen mit Alkalimetallsalz



Abb. 6: Büroklammer mit Alkalimetallsalz

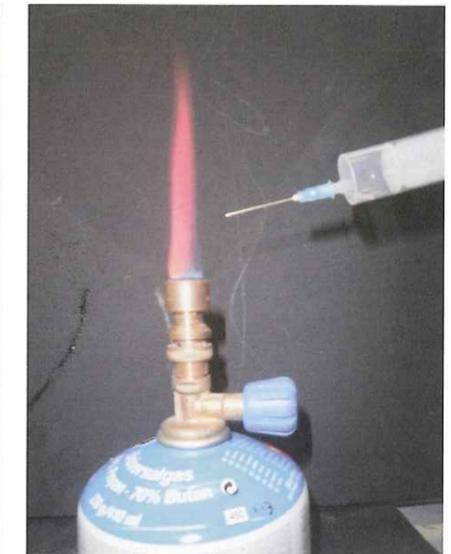


Abb. 7: Spritze mit Alkalimetallsalz-Lösung

In Abwägung zur möglichen Verschmutzung des Brenners kann ein Uhrglas oder die Tüpfelplatte mit dem zu untersuchenden Salz auch nahe an die vollständig geöffnete Luftansaugöffnung des Brenners gehalten werden. Dann färbt sich die gesamte Flamme in der jeweiligen Farbe der Ionen. Vorteilhaft ist sicherlich die deutlich erkennbare Flammenfärbung. Eher nachteilig die bereits erwähnte Verschmutzung des Brenners.

4 Sicherheitshinweise zum Umgang mit Alkalimetallen im Überblick

- Alkalimetalle immer unter Paraffinöl (bei Petroleum zeigt sich stärkere Krustenbildung) aufbewahren.
- Schüler immer durch eine Schutzscheibe schützen.
- Gesichtsschirm (mindestens aber Schutzbrille) tragen.
- Alkalimetalle nie mit bloßen Händen anfassen (Pinzette).
- Alkalimetalle nie unbeabsichtigt mit Wasser in Berührung bringen.
- Mit Messer und Pinzette Rinden sorgfältig abschneiden.
- Vor dem Entrinden das anhaftende Paraffinöl (Petroleum) mit Filterpapier sorgfältig abtupfen, sonst Gefahr der Rußbildung bei jeder Reaktion. (Auch möglich: Kurz in Pentan waschen und anschließend durch Fächeln entfernen).
- Für Reaktion von Alkalimetallen mit Wasser nur runde Glaswannen verwenden, Wasser immer mit etwas Spülmittel „entspannen“.
- Kleine, höchstens erbsengroße Stücke verwenden. Kruste entfernen. Gegen Ende der Reaktion zerplatzt die geschmol-

zene Metallkugel recht häufig. Spritzgefahr, Verätzungen.

- Alkalimetalle reagieren heftig bis explosionsartig mit Halogenkohlenwasserstoffen. Nicht als Trockenmittel für Halogenkohlenwasserstoffe einsetzen!
 - Alkalimetallbrände mit Sand löschen.
- Entsorgung
- Größere Alkalimetallstücke sofort nach Gebrauch wieder in die Vorratsflasche zurücklegen.
 - Alkalimetallreste sowie abgetrennte Krusten in kleinen Portionen in eine größere Menge Ethanol (Brennspiritus) geben.
 - Nach Beendigung der Reaktion umrühren.
 - Sicherheitshalber das Entsorgungsgefäß ca. 1 Tag stehen lassen, bis sich alles umgesetzt hat (längere Reaktionszeit von Krusten beachten). Dann nach vorsichtiger Wasserzugabe (keine Gasentwicklung mehr!) im Behälter für saure und basische Abfälle entsorgen.
 - Alkalimetalle niemals im Mülleimer entsorgen!

Besondere Hinweise zum Umgang mit Kalium: Kalium entwickelt beim Stehenlassen auch unter Schutzflüssigkeit Krusten von Kaliumperoxid (veraltet: Kaliumsuperoxid oder -dioxid, weiß) K_2O_2 , Kaliumhyperoxid KO_2 (veraltet: Kaliumsuperoxid, gelb), Kaliumoxid (veraltet: Kaliummonoxid, weiß-gelblich) K_2O sowie von Kaliumhydroxidmonohydrat ($\text{KOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$). Die höheren Oxide und wahrscheinlich auch Kaliumhydroxidmonohydrat sind instabil und empfindlich gegen Schlag, Reibung oder Stoß. Sie reagieren explosiv mit Kalium und organischen Stoffen

z. B. leicht oxidierbaren Kohlenwasserstoffen. Verkrustetes Kalium kann bereits bei leichtem Druck, z. B. Herausheben von Kaliumstücken mit einer Zange oder beim Versuch des Schneidens mit dem Messer, explodieren. Als besonders gefährlich gelten gelbliche bis orange Krusten.

Experimente mit Kalium müssen deshalb gründlich überdacht (Ersatzstoffprüfung!) werden. Auch zur Demonstration der unterschiedlichen Reaktivität der Alkalimetalle gegenüber Wasser scheinen Experimente mit Kalium in der Schule nicht mehr zwingend angezeigt. Vom Kauf von Kalium-Stangen, die vakuumverpackt oder unter Schutzgas gelagert geliefert werden, wird abgeraten. Hier kam es in der Vergangenheit zu einem schweren Explosionsunfall, als die gelieferten von einer gelblichweißen Schicht überzogen Stangen in Petroleumbenzin übertragen wurden. ■

Literatur

- [1] K. Häusler, H. Rampf, R. Reichelt, „Experimente für den Chemieunterricht“, Oldenburgerverlag, 2. Auflage, München, S. 124 1995
- [2] P. Pfeifer, „Alkalimetalle und Erdalkalimetalle“ Unterricht Chemie, Heft 98, 4 (2007)
- [3] Hollemann Wiberg, „Lehrbuch der Anorganischen Chemie“, Walter de Gruyter, 91.–100., verbesserte Auflage, Berlin, S. 928–S. 937 1985
- [4] <http://www.isitech.com/ressourcen/chemie-unfaelle/kalium-ch.html> [entnommen am 31. 10. 2012]
- [5] <http://www.isb.bayern.de/isb/index.asp?MNav=6&QNav=5&TNav=1&INav=0&Pub=1272> [entnommen am 31. 10. 2012]

Anschrift der Verfasserin

Nora Hantschel, Kressenstr. 15, 90419 Nürnberg, E-Mail: nhantschel@t-online.de

Klassische Schulversuche

Realexperiment und modellhafte Darstellung

C. Herdt

Vom experimentellen Befund zum Teilchenmodell – wie geht das mit den heute zur Verfügung stehenden Mitteln am besten? Im Beitrag wird dieser für einen guten Chemieunterricht zentralen Frage nachgegangen. An einigen Beispielen werden mögliche Antworten erläutert.

Stichwörter: Phänomenebene, Modellebene, Teilchenmodelle

1 Einleitung

In den Schulen belegt das Fach Chemie hinsichtlich seiner Beliebtheit meist recht ungünstige Rangplätze im Fächerspektrum. Bezeichnenderweise wird das Fach auch von Kolleginnen und Kollegen am Gymnasium oftmals für schwer durchschaubar gehalten, teilweise wird sogar mit mangelndem Wissen und ehemals schlechten Noten kokettiert. Frägt man Schüler nach den Tätigkeiten im Chemieunterricht, für die sie sich am meisten interessieren, so liegen hier die Versuche in der Regel auf den ersten Plätzen, abgestuft nach bevorzugt „Versuch durchführen“ über „Versuch beobachten“ bis hin zu „Gleichung [für den Versuch] aufstellen“ [1, 2]. Dieser Befund zeigt einen ganz wesentlichen Aspekt, der für den Chemieunterricht charakteristisch ist. Auf dem Weg von der Beobachtung des Experimentes auf der Phänomenebene hin zu einer In-

terpretation auf der submikroskopischen Ebene gelingt es – trotz größtem Bemühen der beteiligten Lehrkräfte – oftmals nicht genügend Schüler mitzunehmen. Dies zeigt sich in der Folge auch an dem reduzierten Interesse vieler Schüler, ein Reaktionsschema aufzustellen, das das beobachtete Reaktionsgeschehen auf der Teilchenebene angemessen repräsentiert.

2 Die Materialiensammlung der Bayerischen Fachleiter

Um den Schülern den Übergang vom Kontinuum in das Diskontinuum im täglichen Unterricht zu erleichtern, sei allen Lehrkräften für das Fach Chemie zur Planung von Experimenten und zur Auswahl passgenauer Modelle die 2011 erschienene Materialiensammlung der Bayerischen Fachleiter empfohlen [3, 4]. An der Entstehung dieser über 350 Experimentieranleitungen in 25 Kapiteln enthaltenden Loseblattsammlung, die in einem Ordner zusammengefasst erschienen ist, waren elf Seminarfachleiter beteiligt. Erprobt wurde sie

gemeinsam von allen 29 bayerischen Chemie-Seminaren und stellt jetzt – bereits in der zweiten Auflage erschienen – den aktuellen Standard der fachpraktischen gymnasialen Chemielehrer-Ausbildung in Bayern dar. Speziell das Kapitel Nr. 4 „Modelle und Simulationen“ liefert viele Impulse, um selbst Wege zu finden nach der Durchführung von Experimenten die „Teilchenebene“ passend zu veranschaulichen. Ziel war es hier nicht, eine möglichst vollständige Sammlung von Modellen für den Chemieunterricht zu erstellen. Dies würde im Rahmen der Ausbildung von jungen Lehrern auch den zeitlichen Rahmen der üblichen Fachpraktika weit übersteigen. Vielmehr sollte anhand typischer und besonders treffender Beispiele die große Vielfalt an Medien und Materialien verdeutlicht werden, die geeignet sind, den Ablauf chemischer Reaktionen auf der submikroskopischen Ebene zu veranschaulichen. Die Bandbreite erstreckt sich hier von Computersimulationen über verschiedenste Teilchenmodelle (aus Holz-, Styropor-, Acrylglas- und Zellstoffkugeln), Modelle mit Papp-Tetraedern oder -Oktaedern, Modelle mit verschiedensten Magnettypen (Neodym-Stabmagneten und Metallkugeln, Ringmagneten) bis hin zu zwei- und dreidimensionalen Modellen aus Moosgummiplatten und Stecknadeln. Die Anregungen hierfür stammten sowohl aus ausgewählten Fachseminaren als auch aus Publikationen in der aktuellen Fachliteratur [5, 6, 7].

Das Konzept der einzelnen Anleitungen im beschriebenen Ordner ist immer nach dem gleichen Schema aufgebaut: Neben dem Titel der Anleitung und der Kapitelzugehörigkeit wird die Passung für die einzelnen Jahrgangsstufen gemäß des Gymnasiallehrplans in Bayern [9] angegeben, ebenso wird eine mögliche Eignung für die Schülerübung ausgewiesen. Neben farbigen Fotos zum jeweiligen Experiment findet sich die Angabe der benötigten Chemikalien bzw. Materialien und

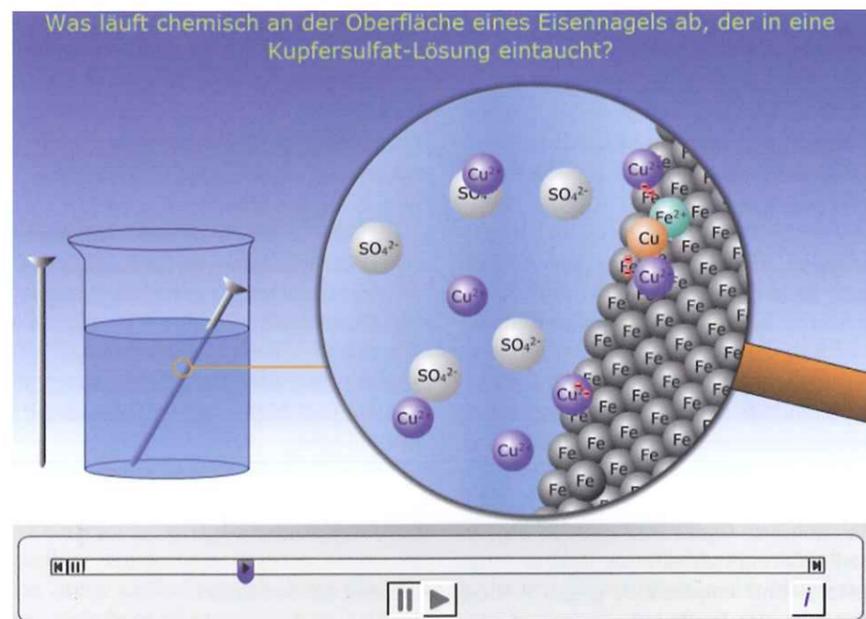


Abb. 1: Reaktion von Eisen mit Kupfersulfat-Lösung bzw. Eisen-Atomen mit Kupfer-Ionen

Geräte. Der Hauptteil der Anleitungen ist in Versuchsdurchführung, Beobachtung und Erklärung untergliedert. Abgerundet werden die Anleitungen durch Hinweise zu Tipps und Tricks, Entsorgung und passender Literatur. Zu jeder Anleitung gibt es – falls erforderlich – eine Gefährdungsbeurteilung auf der mit dem Ordner gelieferten CD-ROM. Über die leicht installierbare Datenbank lassen sich diese schnell finden. Die Anleitungen selbst richten sich ausnahmslos an Lehrkräfte, entsprechende Schüleranleitungen lassen sich auf der Basis der vorliegenden Anleitungen schnell erstellen.

3 Von der Phänomenebene zur Modellebene

Im Kapitel „Modelle und Simulationen“ wird bei den jeweiligen Anleitungen falls möglich zwischen Stoffebene und Teilchenebene unterschieden. Es ist also zunächst ein Experiment durchzuführen und dann die Reaktion mittels geeigneter Modelle, die im Einzelfall nach der betreffenden Anleitung auch zu erstellen sind, zu veranschaulichen. Beispielhaft ausgewählt sei hier das Thema „Redoxreaktion“, da sich hierzu verschiedene Beispiele aus dem Ordner anführen lassen.

3.1 Darstellung als Flashanimation

Die Anleitung „Redoxreaktion – Realversuch und Computersimulation“ (04–41 f.) bezieht sich auf eine Flash-Animation, die in der Arbeitsgruppe von M. Tausch in Wuppertal entwickelt wurde. Der hier gezeigten Animation (Abb. 1) liegt im Bildaufbau das Split-Screen-Prinzip zugrunde, d. h. in der linken Bildschirmhälfte ist das Realexperiment als Animation gezeigt, in der rechten Bildhälfte werden die Vorgänge auf Teilchenebene dargestellt. Beim Einsatz im Unterricht würde das Experiment zunächst vor den Schülern praktisch durchgeführt, die Vorgänge auf Teilchenebene können dann mit den Schülern mit Hilfe der Animation schrittweise genau erarbeitet werden. Die Steuerungsmöglichkeiten lassen eine punktgenaue Auswahl von Einzelschritten während des Elektronenübergangs von den Eisen-Atomen zu den Kupfer-Ionen zu. Die Grundlage für den Einsatz der Animation ist eine erweiterte Atomvorstellung bei den Schülern, bei der das Atom in eine negativ geladene Atomhülle und einen positiv geladenen Kern differenziert ist. Im Sinne einer didaktischen Reduktion wird die Größenänderung der Teilchen beim Übergang Atom \rightarrow Ion bzw. Ion \rightarrow Atom nicht dargestellt.

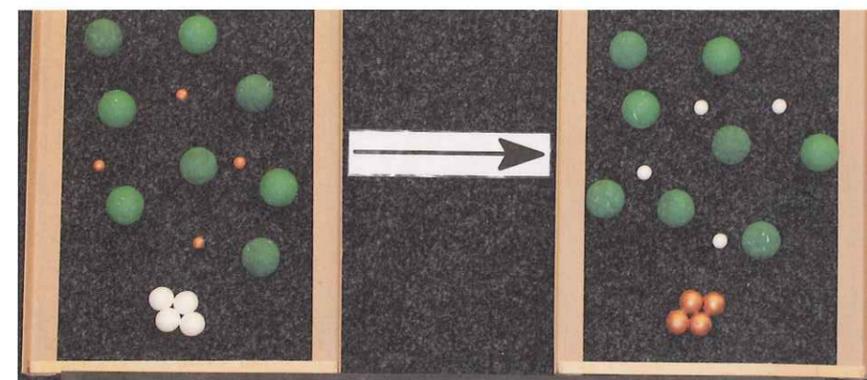


Abb. 2: Darstellung der Reaktion von Zink mit Kupferchlorid-Lösung auf Teilchenebene in „Bechergläsern“

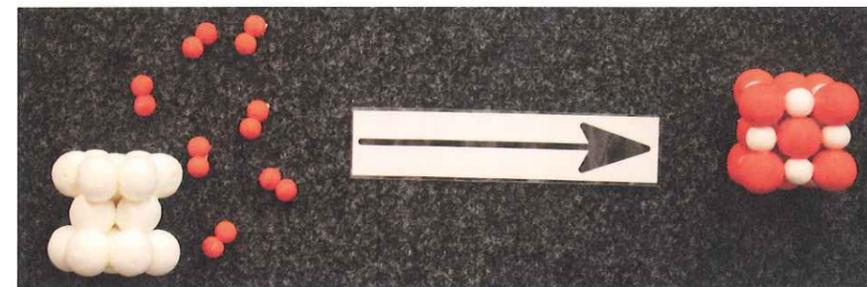


Abb. 3: Darstellung der Reaktion von Magnesium mit Sauerstoff auf Teilchenebene

3.2 Darstellung in Teppichfliesentechnik

Im Zuge der Anleitung „Redoxreaktionen in Teppichfliesentechnik“ (04–32) wird eine neue Methode zur Veranschaulichung von Reaktionen auf der Teilchenebene verwendet, die im Ordner in Kapitel 2 „Arbeitstechniken“ (hier: 02–13) dargestellt wird.

Der Ausgangspunkt dieser Methode war die Notwendigkeit, angefarbte Zellstoffkugeln verschiedener Größe, die P. Haupt [6], D. Sauermann und H.-D. Barke [7] seit über 30 Jahren erfolgreich in der Lehre einsetzen, für kurze Zeit auf einem passenden neutralen Hintergrund zu befestigen. Wenn man die Zellstoffkugeln auf der Rückseite mit einem Klettband (Häkchenseite) versieht, lassen sich auf einer Teppichfliese die Zellstoffkugeln schnell und sicher befestigen. Sogar größere Ionengittermodelle lassen sich so angemessen zum Einsatz bringen. Mit Hilfe einer Staffelei kann die „Klett-Tafel“ im Klassenzimmer vor den Schülern aufgebaut werden und bietet optimale Einsatzmöglichkeiten. Im Unterschied zur Computeranimation können Schüler und Lehrer die Modelle zwar frei setzen und bewegen. Gleichzeitig bestehen gegenüber einer Computeranimation aber eingeschränkte Möglichkeiten gerade ein dynamisches Geschehen optimal zu visualisieren. In Abbildung 2 und 3 ist modellhaft jeweils zu sehen, wie sich beim Übergang

von Atomen zu Ionen bzw. umgekehrt die Teilchenradien verändern. Die willkürlich aber didaktisch sinnvoll gewählte Farbe der Teilchen wird nach einem solchen Übergang beibehalten, um den Schülern das Verständnis zu erleichtern.

3.3 Ableiten der Verhältnisformel mit Zellstoffkugeln

Ein beliebtes Experiment im Anfangsunterricht ist das Herstellen eines „Kupferbrieses“ und die nachfolgende Reaktion mit Sauerstoff, beschrieben unter der Überschrift „Bildung der verschiedenen Kupferoxide – Realversuch und Bau von Modellen“ (04–27 f.). Unter den Bedingungen der stark eingeschränkten Sauerstoffzufuhr bleibt das Kupfer weitgehend unverändert (Abb. 4, innen), während sich bei zunehmend besserem Sauerstoffzutritt zunächst das rote Kupfer(I)-oxid und schließlich auch das schwarze Kupfer(II)-oxid bildet (Abb. 4, nach außen hin). In einer Schülerübung können sich die Schüler zunächst, mit Hilfe der Vorgabe der bei der Bildung von schwarzem Kupfer(II)-oxid reagierenden Massen an Kupfer bzw. Sauerstoff, selbst erschließen, welches Anzahlverhältnis der Eduktteilchen jeweils vorliegen muss. Und nach dem eigenständigen Bauen des betreffenden – in seiner Struktur didaktisch sinnvoll reduzierten – Modells (Abb. 5 oben) können sich die Schüler auch die Verhältnisformel selbst herausfinden.

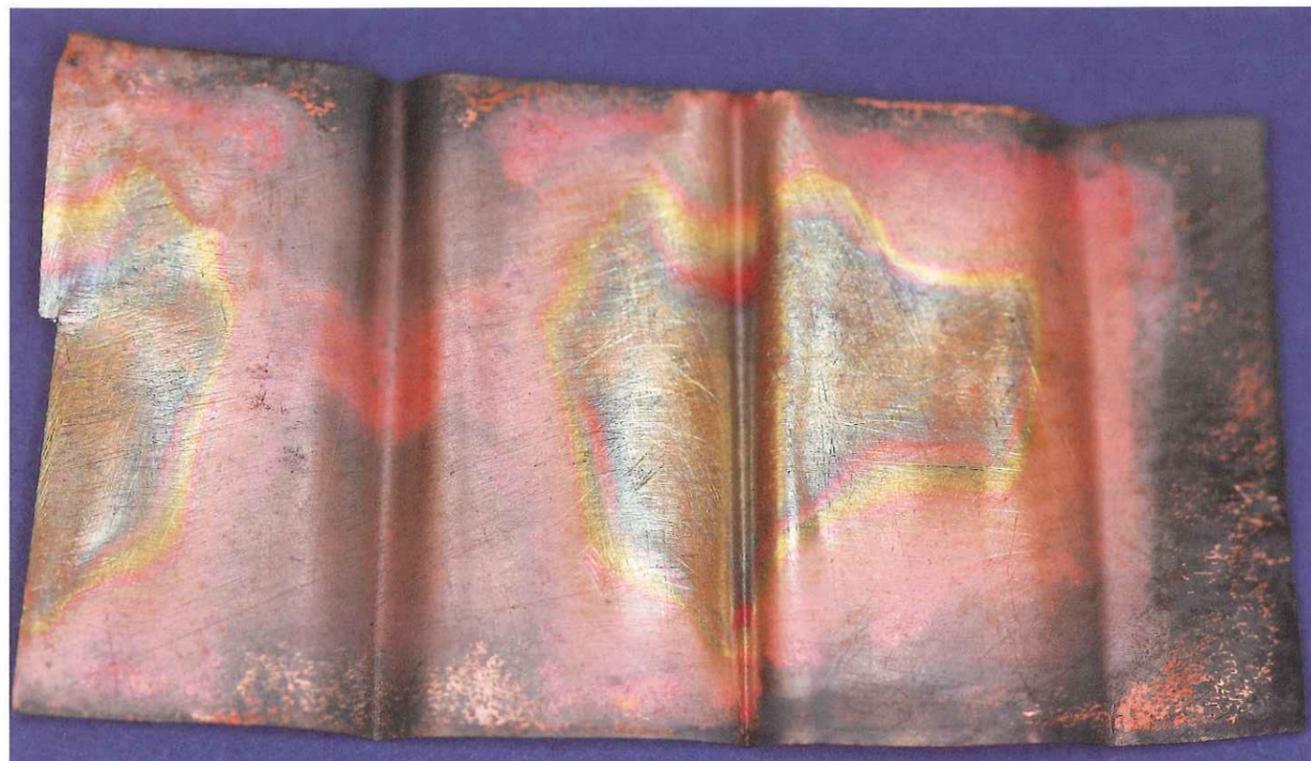


Abb. 4: Darstellung der Reaktion von Kupfer mit Sauerstoff in einem „Kupferbrief“

Über $\text{Cu}^{2+}_{32}\text{O}^{2-}_{32}$ kommen die Schüler schließlich zur vereinfachten Verhältnisformel $\text{Cu}^{2+}_1\text{O}^{2-}_1$. Das Beibehalten der Ionenladungen im Anfangsunterricht, wie von D. Sauermann und H.-D. Barke [8] vorgeschlagen, hat sich im Unterricht des Autors und bei seinen Referendaren über-

aus bewährt, um den Ionencharakter der beteiligten Teilchen nachhaltig herauszustellen. Der spätere Übergang zu Cu_2O bzw. CuO gelingt den Schülern automatisch und ohne Probleme. Besonders interessant ist es, die Schüler selbst erkennen zu lassen, inwieweit rotes Kupfer(I)-oxid

eine andere Struktur besitzen muss. Durch Nachdenken wird den Schülern klar, dass im Verhältnis zu den Oxid-Ionen unter den Bedingungen einer reduzierten Sauerstoffzufuhr nun mehr Kupfer-Ionen im Ionengitter vorhanden sein müssen. Damit das Ionengitter nach außen weiterhin ungeladen ist, müssen als Konsequenz die Kupfer-Ionen eine andere Ladung aufweisen. Nach dem Bauen des Ionengitterausschnittes für Kupfer(I)-oxid können die Schüler auch hier eine mögliche Verhältnisformel $\text{Cu}^{1+}_{64}\text{O}^{2-}_{32}$ bzw. $\text{Cu}^{1+}_2\text{O}^{2-}_1$ selbstständig ableiten (Abb. 5 unten).

3.4 Quantitative Auswertung und Visualisierung

Da im Kupferbrief nur das Kupfer an der Oberfläche mit Sauerstoff reagiert hat und im Inneren unverändert vorliegt, ist dieses Experiment für eine quantitative Auswertung nicht geeignet. Deshalb findet sich im Kapitel 10 der beschriebenen Materialsammlung eine Anleitung für die „Kupfer(I)-sulfidsynthese quantitativ im Porzellantiegel“ (10–17 f.). Das Reaktionsprodukt ist, wie Abbildung 6 zeigt, einheitlich und kein Stoffgemisch aus Edukt und Produkt. Auch hier lässt sich das Reaktionsprodukt – analog zum unter 3.3 beschriebenen Beispiel – im Rahmen einer Schülerübung sehr gut durch die Schüler mit Zellstoffkugeln veranschaulichen (Abb. 7).

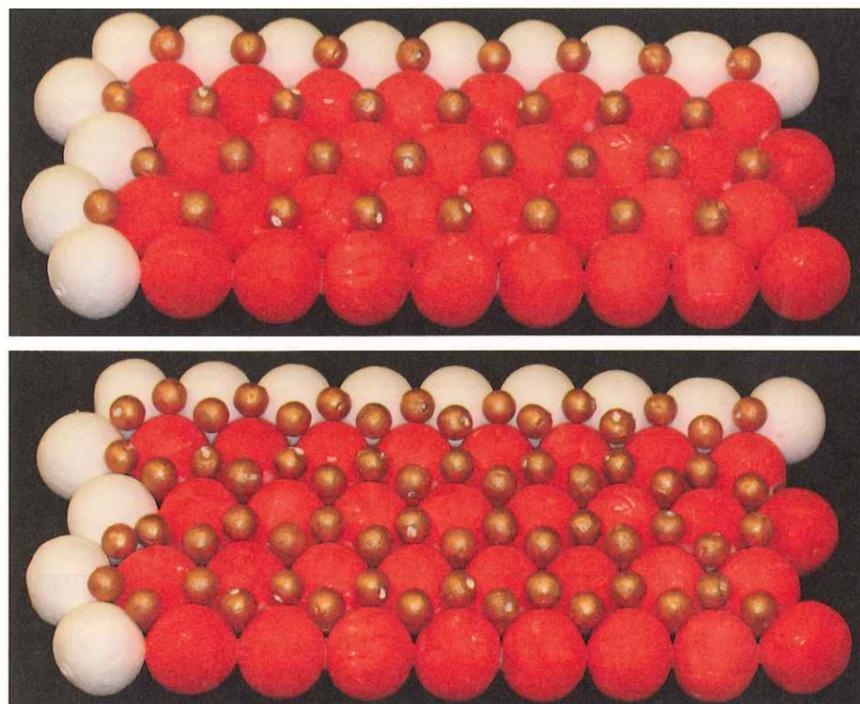


Abb. 5: oben: Modell für schwarzes Kupfer(II)-oxid, unten: Modell für rotes Kupfer(I)-oxid, jeweils von Schülern erstellt, mit weißen „Hilfskugeln“

4 Verbesserungen durch Kooperation

Der Prozess der Erstellung der Materialsammlung der Bayerischen Fachleiter hat gezeigt, dass gerade auch im Bereich der klassischen Schulversuche der Erfahrungsaustausch und die Kooperation von in der Seminarschulung tätigen Lehrkräften untereinander zu einer stetigen Verbesserung führen kann. Während vor diesem Projekt an 29 Seminarschulen für Chemie in Bayern die experimentellen Schwerpunkte doch recht unterschiedlich gesetzt wurden und der Austausch untereinander vorwiegend auf der informellen Ebene erfolgte, konnten im Zuge der Erstellung des beschriebenen Akademieberichts insgesamt 29 Seminarlehrer mit etwa 180 beteiligten Referendaren zur Reflexion der Experimenteauswahl aktiviert und in die Erstellung der Anleitungen eingebunden werden. Hierdurch gelang es viele Anregungen aufzunehmen, die auf andere Art und Weise niemals an das Autorenkollektiv herangetragen worden wären. Und auch jetzt – im täglichen Einsatz – ist es noch so, dass immer wieder kleine Verbesserungen gefunden werden, die dann in eine neue Auflage oder sogar in die geplante Ergänzungslieferung aufgenommen werden können.

5 Fazit

Die Durchführung der klassischen Schulversuche ist seit vielen Jahren ein Bestandteil der gymnasialen Lehrerbildung, wobei in den letzten Jahren Microscale-Varianten deutlich an Bedeutung gewonnen und einen regelrechten Innovationsschub – gerade auch hinsichtlich der fachpraktischen Ausbildung junger Lehrkräfte – ausgelöst haben. Bedarf für eine weitere Entwicklung besteht meist beim Übergang vom Kontinuum in das Diskontinuum, denn die submikroskopische Ebene ist den Schülern mit ihren Sinnen nicht direkt zugänglich. Inwieweit hier eine angemessene und korrekte Veranschaulichung gelingen kann, hängt in besonderem Maße vom Geschick und der Erfahrung des Lehrers ab. Mit dem Einzug der multimedialen Ausrüstung in die meisten Fachräume stellen gerade Computeranimationen eine sehr schnell einsetzbare und anschauliche Möglichkeit zur Visualisierung von Prozessen auf der Teilchenebene dar. Die Animationen aus Wuppertal von M. Tausch und R.-P. Schmitz [5] können hier in vielen Aspekten als musterträchtig bezeichnet werden, auch wenn manche didaktische Reduktion, wie beispielsweise das Vernachlässigen der Größenänderung vom Atom zum Ion und umgekehrt, nicht zwangsweise vorge-



Abb. 6: Reaktionsprodukt tief bläuliches Kupfer(I)-sulfid

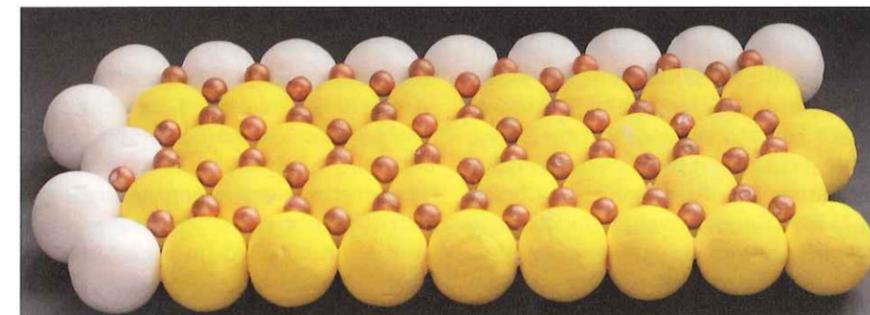


Abb. 7: Modell für Kupfer(I)-sulfid, mit weißen „Hilfskugeln“

nommen werden müsste. Wenn man den Unterricht – gerade auch in der Schülerübung – handlungsorientiert aufbaut, dann liegt der Einsatz von Zellstoffkugeln nahe, die von den Schülern leicht zu bearbeiten sind. Ansprechende Modelle lassen sich mit wenig Aufwand erstellen. Gerade mit dem eigenständigen Bauen solcher Modelle – verbunden mit Kurzreferaten durch die beteiligten Schüler – konnten in den Profilstunden mit halbierten Schülergruppen Erfolge erzielt werden [10].

Literatur

- [1] G. Merzyn: *Fördern im Chemieunterricht und Schülerinteressen*. PdN-ChiS 58 (8), S. 6 ff. (2009)
 - [2] G. Merzyn: *Naturwissenschaften Mathematik Technik – immer unbeliebter?* Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren 2008
 - [3] *Lehrerakademie Dillingen: Chemie? – Aber sicher! Experimente kennen und können*. Akademiebericht Nr. 475, Kapitel 4 „Modelle und Simulationen“, 2. Auflage 2012
- Die im Text in runden Klammern angegebenen Seitenzahlen beziehen sich auf [3].

- [4] P. Heinzerling: *Rezension zum Akademiebericht Nr. 475*. PdN-ChiS 61 (2), S. 49 (2012)
- [5] R.-P. Schmitz, M. W. Tausch: *Teilchenmodelle in Flash-Animationen*. PdN-ChiS 58 (7), S. 6 ff. (2009)
- [6] P. Haupt, P. Moritz: *Modelle chemischer Substanzen für den Anfangsunterricht*. Aulis Verlag Deubner, S. 15 ff., 2008
- [7] H.-D. Barke, D. Sauermann: *Chemie für Quereinsteiger Bände 1–4*. Schöningh-Verlag, 1997–1999
- [8] H.-D. Barke, D. Sauermann: *Chemie für Quereinsteiger Band 4*. Schöningh-Verlag, S. 8 ff., 1999
- [9] Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus: *Lehrplan für das achtjährige Gymnasium in Bayern 2004*
- [10] *Fachsitzungsprotokolle der Seminarschulung Chemie am Erasmus-Grasser-Gymnasium, unveröffentlicht*

Anschrift des Verfassers

Christian Herdt, Erasmus-Grasser-Gymnasium, Fachseminar Chemie, Fürstenrieder Straße 159, 81377 München, Blumenweg 20, 85579 Neuburg, E-Mail: christian.herdt@tele2.de

Redoxreaktionen in der Organischen Chemie

Weiterentwicklung bewährter Versuchsvorschriften

R. Heimann, G. Harsch, S. Bortlik und A. Liedel

In diesem Beitrag werden Redoxreaktionen organischer Stoffe mit Kaliumpermanganat als Reagenz und in stark vereinfachter Durchführung beschrieben, wobei trotzdem eine eindeutige Identifizierung der Produkte gelingt. Vorteile aber auch Nachteile gegenüber älteren Versuchsanordnungen werden angesprochen.

Stichwörter: Redoxreaktionen, Oxidationsmittel für organische Verbindungen, Microscale

1 Einleitung

Redoxreaktionen spielen in der Organischen Chemie eine zentrale Rolle. Besonders die Oxidation von Alkoholen zu Aldehyden, Ketonen und Carbonsäuren ist Thema eines jeden Chemieunterrichts. Im Rahmen des PIN-Konzepts zur Einführung in die Organische Chemie [1–2] ist Kaliumdichromat ein wichtiges Oxidationsmittel, da es mit vielen Edukten zu definierten Produkten reagiert. Dichromat wird in den entsprechenden Synthesen zwar nur in wässriger Lösung eingesetzt, aufgrund des Gefährdungspotenzials bietet sich aber die Suche nach einem Ersatzstoff an.

Die im Rahmen des PIN-Konzepts genutzten Redoxreaktionen wurden bereits in der ursprünglichen Variante in einer relativ einfachen Apparatur durchgeführt. Diese konnte aber unter Verringerung des

materiellen Aufwands noch weiter vereinfacht werden.

2 Die ursprüngliche Versuchsvariante

Der große Vorteil des Dichromatsynthesereagenzes besteht darin, dass mit nur zwei Varianten in der Zusammensetzung des Reagenzes sehr viele verschiedene organische Stoffe (z. B. Ethanol, 1-Propanol, 2-Propanol, Essigsäureethylester, Propansäurepropylester, Milchsäure, Brenztraubensäure, Aceton, Acetaldehyd (in verdünnter Lösung), Acetaldehyddiethylacetal, Citronensäure) zu definierten und gut nachweisbaren Reaktionsprodukten oxidiert werden können. Abbildung 1 zeigt die verwendeten Apparaturen. In den meisten Fällen kann ein siedendes Wasserbad als Heizquelle genutzt werden. Die Dauer des Versuchs hängt sehr stark davon ab, wie schnell das Wasser siedet. Der Versuchsansatz ist bereits klein (12 Tropfen Probe und 14 mL Dichromatreagenz).

Auch wenn man den Dichromattest als Nachweisreaktion für oxidierbare Stoffe einsetzt (Vorschrift in [1–2]), kann eindeutig zwischen positivem und negativem Testausfall unterschieden werden.

3 Die aktuellen Versuchsvorschriften

Im Rahmen umfangreicher Versuchsreihen wurde getestet, ob ein Ersatz des Dichromats durch Kaliumpermanganat zu ähnlich guten Ergebnissen führt, welche Versuchsvorschriften für die einzelnen zu oxidierenden Stoffe geeignet sind und ob diese sich – wie beim Dichromat – auf wenige Varianten vereinheitlichen lassen. Dies erwies sich als grundsätzlich möglich, allerdings mit einigen Abstrichen [6].

In einem nächsten Schritt wurde untersucht, ob man die Oxidationen auch im Microscale-Ansatz unter weitgehender Verwendung von Kerzen als Heizquelle realisieren kann und trotzdem soviel Produkt erhält, dass man dieses anhand von aussagefähigen Nachweisreaktionen ein-

deutig identifizieren kann. Bei der Suche nach einer geeigneten Grundapparatur sind wir auf eine von M. K. El-Marsafy, P. Schwarz und M. Najdoski [3] auf ihrer Homepage beschriebene und auch von Oberpaul [4] und Schad [5] genutzte Ampullenflaschenapparatur gestoßen, die sich – nach Testen alternativer Microscale-Apparaturen – als geeignetste Versuchsanordnung erwies. Es sollen nun zunächst der Permanganattest und dann Synthesen mit Permanganat beschrieben werden.

3.1 Der Permanganattest als Nachweisreaktion für oxidierbare Stoffe

Chemikalien und Geräte: Kaliumpermanganatreagenz (0,63 g Kaliumpermanganat KMnO_4 (brandfördernd, O, gesundheitsschädlich, Xn, umweltgefährlich, N) in 75 mL dest. Wasser lösen, 4 mL konz. Schwefelsäure H_2SO_4 (ätzend, C) zugeben und mit Wasser auf 200 mL auffüllen); Probestoffe: Ethanol (leicht entzündlich, F), 1-Propanol (leicht entzündlich, F, reizend, Xi), 2-Propanol (leicht entzündlich, F, reizend, Xi), Acetaldehydlösung, $c = 2,5 \text{ mol/L}$ (hochentzündlich, F+, reizend, Xi, gesundheitsschädlich, Xn), Essigsäureethylester (leicht entzündlich, F, reizend, Xi), Propansäurepropylester (gesundheitsschädlich, Xn), Acetaldehyddiethylacetal (leicht entzündlich, F, reizend, Xi), Citronensäure (1 g Citronensäure (reizend, Xi) in 10 mL dest. Wasser lösen), Aceton (leicht entzündlich, F, reizend, Xi), Essigsäure (ätzend, C), Propansäure (ätzend, C); Siedesteinchen; siedendes Wasserbad; graduierte Plastikpipetten; Reagenzgläser mit Gestell

Versuchsdurchführung: 2 mL Kaliumpermanganatreagenz werden in einem Reagenzglas mit 5 Tropfen Probe und 2 Siedesteinchen versetzt. Der Ansatz wird für 3 Minuten in ein siedendes Wasserbad gestellt.

Ergebnisse: Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Beobachtungen. Die Unterschiede zwischen einem positiven und einem negativen Testausfall sind weit aus weniger scharf zu erkennen als beim Dichromattest. Bei Propansäure und Aceton ist bereits nach 3 Minuten ein störender Niederschlag zu erkennen, mit Aceton tritt nach fünfminütigem Erhitzen ein eindeutig positiver Testausfall auf. Wenn die Nachweise nur zeigen sollen, dass Alkohole und Ester im Gegensatz zu Carbonsäuren relativ gut oxidierbar sind, sollte man 5 Minuten im Wasserbad erhitzen, da dann auch bei den beiden Estern eine

Probestoff	Beobachtung nach 3 Minuten
Ethanol, 1-Propanol, 2-Propanol, Acetaldehyd ($c = 2,5 \text{ mol/L}$)	helle, fast farblose Lösung mit braunen Flöckchen am Reagenzglasboden
Essigsäureethylester, Propansäurepropylester	brauner Niederschlag am Reagenzglasboden, überstehende Flüssigkeit bräunlich trüb (nach Absetzen violett)
Acetaldehyddiethylacetal, Citronensäure (1 g Citronensäure in 10 mL)	farblose, klare Lösung ohne Niederschlag
Aceton	violette Lösung, aber am Reagenzglasboden feiner, dunkler Niederschlag; nach 5 Minuten helle, fast farblose Lösung mit braunen Flöckchen am Reagenzglasboden
Essigsäure, Propansäure	violette Lösung; mit Propansäure wenig dunkler Niederschlag

Tab. 1: Beobachtungen beim Permanganattest

klare, farblose Lösung über einem braunen Niederschlag entsteht.

Es zeigt sich also, dass der Dichromattest zwar grundsätzlich durch den Permanganattest ersetzbar ist, dass aber bei der Aussagefähigkeit gewisse Abstriche zu machen sind.

Außerdem ist das Permanganatreagenz kürzer haltbar als das nahezu unbegrenzt lange verwendbare Dichromatreagenz.

3.2 Synthesen mit dem Kaliumpermanganatreagenz

Vorschrift für Ethanol, 1-Propanol, Essigsäureethylester, Acetaldehyddiethylacetal

Chemikalien und Geräte: Permanganatsynthesereagenz: 1 g Kaliumpermanganat KMnO_4 (brandfördernd, O, gesundheitsschädlich, Xn, umweltgefährlich, N) wird mit 5 mL dest. Wasser und 7,5 mL Schwefelsäure, $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2,5 \text{ mol/L}$ (ätzend, C) versetzt (für einen Versuchsansatz); Eis zur Kühlung; Cernitratreagenz (40 g Ammoniumcer(IV)nitrat $(\text{NH}_4)_2[\text{Ce}(\text{NO}_3)_6]$ (brandfördernd, O, ätzend, C) in 100 mL Salpetersäure, $c(\text{HNO}_3) = 2 \text{ mol/L}$ (ätzend, C) gelöst); BTB-Reagenz (0,02 g Bromthymolblau und 0,6 g Natriumhydroxid NaOH (ätzend, C) in 100 mL Ethanol (leicht entzündlich, F) gelöst); Ethanol (vergällt); Phenolphthalein (0,1 g Phenolphthalein (giftig, T) in 100 mL vergälltem Ethanol gelöst); Natronlauge, $c(\text{NaOH}) = 3 \text{ mol/L}$ (ätzend, C); Salzsäure, $c(\text{HCl}) = 0,5 \text{ mol/L}$; Eisenchloridlösung (8 g $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}$ (gesundheitsschädlich, Xn, reizend, Xi) in 100 mL Wasser gelöst); Amylalkohol (gesundheitsschädlich, Xn, reizend, Xi); Iodlösung (12,7 g Iod (gesundheitsschädlich, Xn, umweltgefährlich, N) und 25,4 g Kaliumiodid pro 100 mL wässrige Lösung); DNPH-Reagenz (168 mL Wasser, 33 mL Salzsäure HCl 37 %ig (ätzend, C)

und 1 g 2,4-Dinitrophenylhydrazin (leicht entzündlich, F, gesundheitsschädlich, Xn) 15 Minuten lang kräftig verrühren und dann von den unlöslichen Bestandteilen abfiltrieren) Ampullenflasche 30 mL; Ampullenflasche 10 mL; Chlorbutylstopfen für die große Ampullenflasche; kleine, weiße Eppendorfspitze; stabiler, biegsamer Draht (Durchmesser 1 mm); Silikon Schlauch (Innendurchmesser 4 mm); Zellstoff; Siedestein; Magnetrührer; Rührfisch; Becherglas (250 mL hohe Form); großes (!) Teelicht (Durchmesser 5,7 cm); graduierte Plastikpipetten; Reagenzgläser und Reagenzglasgestell.

Zusammenbau der Apparatur (Abb. 2): Bei der ersten Durchführung muss die Ampullenflaschenapparatur zusammengebaut werden. Hierzu wird durch den Chlorbutylstopfen von unten eine kleine Eppendorfpipettenspitze gebohrt, die dann von oben her etwas eingekürzt wird, um die Öffnung zu vergrößern. Anschließend werden die beiden Ampullenflaschen im Abstand von ca. 10 cm nebeneinander gestellt. Ein ca. 40 cm langer Stück Draht wird fest um den Hals der größeren Ampullenflasche gewickelt, straff zu der kleineren Ampullenflasche gezogen und einmal fest um deren Hals gewickelt. Aus dem restlichen Draht an beiden Seiten kann man jeweils einen Griff biegen, der das Halten der Apparatur erleichtert. Ein ca. 20 cm langer, weicher Silikon Schlauch wird auf die Eppendorfspitze aufgesetzt, sein anderes Ende sollte 1–2 cm tief in die kleinere Ampullenflasche ragen. Im Bereich des Flaschenhalses wird der Schlauch mit Zellstoff umwickelt (Dampfsperre). Es empfiehlt sich, in der kleinen Ampullenflasche ein Volumen von 2,5 mL zu markieren.

Versuchsdurchführung: In der großen Ampullenflasche wird 1 g Kaliumpermanganat mit 5 mL dest. Wasser und 7,5 mL Schwe-

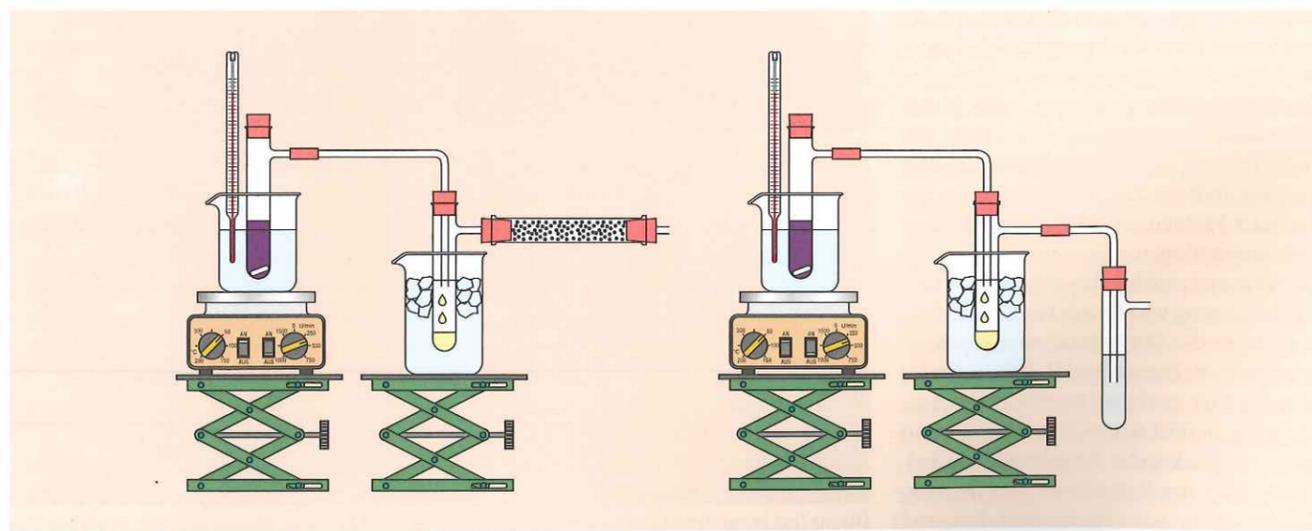


Abb. 1: Versuchsaufbau zur Oxidation organischer Stoffe in einer älteren Variante (rechts mit Nachweis von entstandenem Kohlenstoffdioxid)

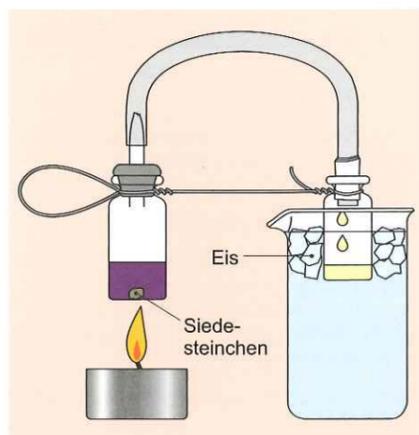


Abb. 2: Versuchsaufbau zur Oxidation organischer Stoffe in einer neueren Variante

felsäure ($c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2,5 \text{ mol/L}$) versetzt. 15 Tropfen Probestoff werden zugefügt. Das Reaktionsgemisch muss 5 Minuten lang bei Raumtemperatur auf einem Magnetrührer gerührt werden (halbe Rührleistung), da sonst beim Erhitzen eine zu heftige Reaktion auftritt. Danach wird der Rührfisch entfernt, ein Siedesteinchen zugesetzt und die Apparatur zusammengebaut. Zur Kühlung des Destillats wird die kleine Ampullenflasche in ein hohes Becherglas mit einer Eis-Wasser-Mischung gehängt.

Ein großes Teelicht (ein kleines Teelicht liefert nicht genug Wärme) wird entzündet und die Apparatur mit Hilfe des Drahtes über die Flamme gehalten. Die Apparatur sollte nicht an einem Stativ befestigt werden, da sich dann die Wärmezufuhr nicht so gut regulieren lässt. Der Abstand zum Teelicht sollte immer so sein, dass das Reaktionsgemisch gut siedet.

Das Reaktionsgemisch wird solange destilliert, bis ca. 2,5 mL Destillat entstanden sind. Mit dem Destillat werden die Nachweisreaktionen durchgeführt [1–2].

Cernitrat (Gruppentest auf Alkohole): 1 mL Cernitratreagenz wird mit 2 mL Wasser verdünnt. Dann werden 5 Tropfen der Prüfsubstanz zugesetzt. Es wird gut geschüttelt. Bei positivem Testausfall tritt Orange- bis Rotfärbung auf.

BTB-Test (Gruppentest auf Säuren): 3 Tropfen BTB-Reagenz werden mit 3 Tropfen Probe versetzt. Es wird geschüttelt. Der Versuch kann auch auf der Tüpfelplatte erfolgen. Bei positivem Testausfall tritt Gelbfärbung auf.

Rojantest (Gruppentest auf Ester): Zu 1 mL Ethanol werden 1 mL der Prüfsubstanz und 3 Tropfen Phenolphthaleinlösung gegeben. Dann wird tropfenweise Natronlauge unter ständigem Schütteln zugefügt, bis eine bleibende Rosafärbung

eintritt, die auch nach kräftigem Schütteln erhalten bleibt. Wichtig ist, dass nur soviel Natronlauge zugetropft wird, dass der Indikator gerade umschlägt.

Das Reagenzglas mit der Lösung wird nun ins 40°C warme Wasserbad gestellt. Es wird nach jeder Minute kurz aus dem Wasserbad genommen und geschüttelt. Tritt eine Entfärbung ein, wird der Versuch abgebrochen, ansonsten wird maximal 5 Minuten lang beobachtet. Bei positivem Testausfall tritt Entfärbung auf.

DNPH-Test (Gruppentest auf Aldehyde und Ketone): 1 mL DNPH-Reagenz wird mit 1 Tropfen der Probe versetzt. Das Reagenzglas wird mit einem Stopfen verschlossen, 15 Sekunden lang geschüttelt und 45 weitere Sekunden beobachtet. Bei positivem Testausfall tritt ein gelber Niederschlag auf.

Eisenchloridtest (spezifischer Nachweis für Essigsäure und Propansäure): Zu 10 Tropfen Probe werden 2 Tropfen Phenolphthalein und dann tropfenweise unter Schütteln Natronlauge bis zur Rosafärbung hinzugefügt. Anschließend wird die Lösung ohne Verzögerung durch tropfenweise Zugabe von Salzsäure entfärbt.

Nun werden 2 Tropfen Eisenchloridlösung und 1,5 mL Amylalkohol zugesetzt. Das mit einem Stopfen verschlossene Reagenzglas wird 5 Sekunden lang kräftig geschüttelt. Es wird gewartet, bis sich 2 Phasen ausbilden. Mit Essigsäure ist die untere Phase orange bis rot, mit Propansäure die obere Phase.

Iodoformtest (zur Differenzierung innerhalb der Alkohole und Ester, auch positiv mit Aceton): 0,5 mL der Prüfsubstanz werden mit 1 mL Iodlösung und 1 mL Natronlauge versetzt. Es wird gut geschüttelt. Ist der Ansatz noch braun gefärbt, wird ohne Verzögerung weitere Natronlauge in 1 mL-Portionen zugefügt und jedes Mal

geschüttelt, bis schließlich Gelbfärbung eintritt. Dann wird maximal 5 Minuten lang beobachtet. Bei positivem Testausfall tritt ein gelber Niederschlag auf.

Hinweis: Das Kaliumpermanganatsynthesereagenz ist nur ca. 2 Wochen haltbar. Setzt man die Säure erst später hinzu, ist die Haltbarkeit deutlich verbessert.

Ergebnisse: Nach Reaktion von Ethanol, Essigsäureethylester, Acetaldehyddiethylacetal und 1-Propanol mit Kaliumpermanganat fallen mit dem Produkt nur der BTB-Test und der Eisenchloridtest positiv aus. Beim Eisenchloridtest ist die untere Phase bei Einsatz der ersten drei Edukte orangefarbt, wie es für Essigsäure typisch ist. Bei Einsatz von 1-Propanol ist die obere Phase entsprechend gefärbt, was Propansäure nachweist. Bei Einsatz von Acetal ist der DNPH-Test manchmal leicht positiv.

Insgesamt dauert die Destillation je nach Teelicht 10–15 Minuten.

Versuchsänderungen bei Reaktion von Kaliumpermanganat mit 2-Propanol, Acetaldehyd, Aceton und Propansäurepropylester

Tabelle 2 gibt einen Überblick, mit welchen Änderungen in der Versuchsvorschrift auch andere Edukte umsetzbar sind und welche Ergebnisse dabei erhalten werden.

Im Fall des Einsatzes von Aceton ist durch eine kleine Erweiterung der Apparatur auch das entstehende Kohlenstoffdioxid nachweisbar (Abb. 3):

Zusätzlich wird nun in den Stopfen der großen Ampullenflasche eine abgestumpfte Kanüle gesteckt, deren Spitze in das Innere der Ampullenflasche reicht. Auf das außen liegende Ende der Kanüle wird ein ca. 13 cm langes Stück Silikon-schlauch geschoben. Das andere Ende

des Silikon-schlauchs wird in ein neben der Destillationsapparatur stehendes Reagenzglas geführt, in welches zuvor 1 mL Barytwasser gefüllt wurde. Der Silikon-schlauch ragt etwa 1–2 cm in das Reagenzglas hinein. Um den Raum zwischen dem Silikon-schlauch und der Reagenzglaswand mit einer Dampfsperre zu versehen, wird um den Silikon-schlauch im Bereich der Reagenzglasöffnung Zellstoff (Küchenrolle) gewickelt, bis die Öffnung um den Schlauch damit verschlossen ist. Kurz nach Beginn der Destillation tritt mit Barytwasser ein weißer Niederschlag auf.

Vorschrift für die oxidative Decarboxylierung von Citronensäure

Chemikalien und Geräte: Permanganatsynthesereagenz: 0,5 g Kaliumpermanganat KMnO_4 (brandfördernd, O, gesundheitsschädlich, Xn, umweltgefährlich, N) werden mit 5 mL dest. Wasser und 7,5 mL Schwefelsäure, $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2,5 \text{ mol/L}$ (ätzend, C) versetzt (für einen Versuchsansatz); Citronensäurelösung: 9,9 g Citronensäure (reizend, Xi) in 7,5 mL Wasser in der Hitze gelöst; Eis zur Kühlung; Nachweisreagenzien; Barytwasser (ätzend, C, gesundheitsschädlich, Xn)

Ampullenflaschenapparatur; Zellstoff; Siedestein; Becherglas (250 mL hohe Form); großes (!) Teelicht; graduierte Plastikpipetten; Reagenzgläser und Reagenzglasgestell

Versuchsdurchführung (Abb. 2): In der großen Ampullenflasche werden 0,5 g Kaliumpermanganat mit 5 mL dest. Wasser, 7,5 mL Schwefelsäure und 1 Siedestein versetzt. 45 Tropfen Citronensäurelösung (nicht mehr! Mit 2,5 mL tritt bereits eine zu heftige Reaktion ein.) werden zugefügt. Die Ampullenflasche wird sofort danach in die Destillationsapparatur eingebaut. Das Schlauchende, das später in die kleine Ampullenflasche ragt, wird zunächst samt Dampfsperre in ein mit 2 mL Barytwasser gefüllte Reagenzglas geschoben. Für 15 Sekunden wird das entstehende Gas eingeleitet. Dann wird der Schlauch auf die kleine Ampullenflasche gesetzt und die Destillation begonnen, indem die Apparatur über ein großes, brennendes Teelicht gehalten wird. Zur Kühlung des Destillats wird die kleine Ampullenflasche in ein hohes Becherglas mit einer Eis-Wasser-Mischung gehängt.

Das Reaktionsgemisch wird solange destilliert, bis ca. 2,5 mL Destillat entstanden sind. Mit dem Destillat werden die Nachweisreaktionen durchgeführt.

Ergebnisse: Kurz nach Zugabe der Citronensäure zum Kaliumpermanganat-

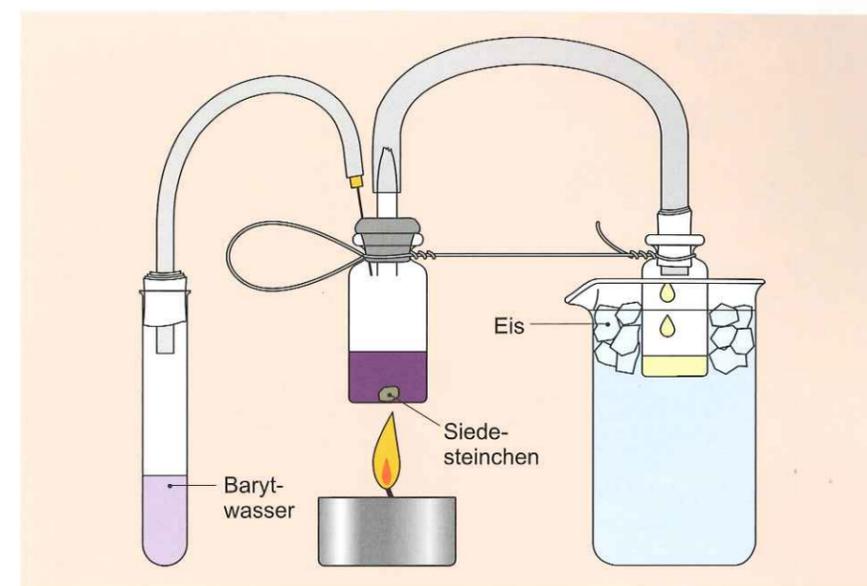


Abb. 3: Versuchsaufbau zur oxidativen Decarboxylierung von Aceton

reagenz beginnt eine heftige Gasentwicklung. Mit Barytwasser entsteht ein weißer Niederschlag. Mit dem Destillat fallen nur der DNPH-Test und der Iodoformtest positiv aus, womit Aceton als Produkt nachgewiesen ist.

4 Schluss

Wie die dargestellten Versuchsvorschriften zeigen, ist es grundsätzlich möglich, bei der Oxidation organischer Stoffe auf das Dichromat zu verzichten. Allerdings sind bei Anwendung des Permanganat-tests als Nachweis auf oxidierbare Stoffe die Grenzen zwischen einem positiven und einem negativen Testausfall nicht mehr so deutlich. Soll der Test mit Aceton negativ ausfallen, dann ist das Ergebnis mit den Estern auch nur relativ leicht positiv, ist es mit den Estern aber deutlich positiv, so wird auch Aceton als relativ gut oxidierbar eingeordnet.

Grundsätzlich können Synthesen unter Einsatz von Permanganat mit allen Stoffen realisiert werden, die auch mit dem Dichromat möglich sind. Es gibt aber keine einheitliche Vorschrift für die verschiedenen Edukte, sondern es werden mehrere unterschiedlich zusammengesetzte Reagenzien notwendig. Die Oxidation von Propansäurepropylester ist deutlich komplizierter als mit Dichromat. Trotz dieser Nachteile des Permanganats konnten Versuchsvorschriften gefunden werden, nach denen eindeutig identifizierbare Produkte entstehen.

Die Vereinfachung der Destillation durch Verwendung von Ampullenflaschenapparaturen hat sich uneingeschränkt bewährt. ■

Literatur

- [1] G. Harsch, R. Heimann, *Organische Chemie im Vorfeld der Formelsprache*, Chemkon 2, 151–157 (1995)
- [2] G. Harsch, R. Heimann, *Didaktik der Organischen Chemie nach dem PIN-Konzept. Vom Ordnen der Phänomene zum vernetzten Denken*. Springer, Berlin 1998
- [3] M. K. El-Marsafy, P. Schwarz, M. Najdoski, *Micrecol*, <http://www.micrecol.de> (abgerufen am 13. 6. 2012)
- [4] P. Oberpaul, *Einführung in den Organischen Chemieunterricht der 10. Jahrgangsstufe des naturwissenschaftlich-technologischen Gymnasiums nach dem PIN-Konzept. Schriftliche Hausarbeit im Rahmen des Zweiten Staatsexamens 2007*
- [5] A. Schad, *Von der Ampulle zum komplexen HMT-System. Teil 2: Ein preiswertes Halte- und Stativsystem für die Halbmikrotechnik im Eigenbau*, PdN-ChiS 6/60, 36–39 (2011)
- [6] A. Liedel, R. Heimann, G. Harsch, *Ersatzstoffprüfung in der organischen Schulchemie*. Schöningh, Münster 2011

Anschriften der Verfasser

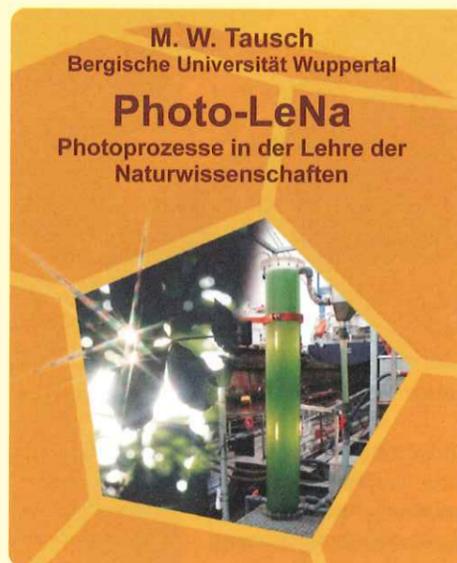
Prof. Dr. Rebekka Heimann und Sabine Bortlik, Universität Leipzig, Fakultät für Chemie und Mineralogie, Institut für Didaktik der Chemie, Johannisallee 29, 04103 Leipzig, E-Mail: heimare@uni-leipzig.de
Prof. Dr. Günther Harsch und Andreas Liedel, Universität Münster, Fachbereich Chemie und Pharmazie, Institut für Didaktik der Chemie, Fliegerstraße 21, 48149 Münster, E-Mail: harsch@uni-muenster.de

Edukt	Änderungen gegenüber der Vorschrift für Ethanol	Ergebnisse
2-Propanol	0,75 g KMnO_4 (bei 1 g wird Aceton zum Teil weiteroxidiert)	Nur DNPH- und Iodoformtest positiv → Aceton
Acetaldehyd ($c = 2,5 \text{ mol/L}$)	1 g KMnO_4 , 2,5 mL H_2O , 7,5 mL H_2SO_4 ($c = 2,5 \text{ mol/L}$), 2,5 mL Aldehydlösung	Nur BTB- und Eisenchloridtest (untere Phase orangefarbt) positiv → Essigsäure
Aceton	1,5 g KMnO_4 , $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 7 \text{ mol/L}$; zu Beginn sehr vorsichtig erwärmen, sonst zu heftige Gasentwicklung	Nur DNPH-, Iodoform-, BTB- und Eisenchloridtest (untere Phase orangefarbt) positiv → Aceton + Essigsäure
Propansäurepropylester	3 g KMnO_4 , kein Wasser, 15 mL H_2SO_4 mit $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 7 \text{ mol/L}$; 45 min ohne Heizen rühren, dann auf Magnetrührer unter langsamer Steigerung der Heiztemperatur destillieren (ca. 20 min)	Nur BTB-Test und Eisenchloridtest positiv; bei Eisenchloridtest nach dem Test noch 2 mL Wasser hinzugeben und nicht mehr schütteln, um eine obere orange Phase zu erhalten → Propansäure

Tab. 2: Versuchsbedingungen und -ergebnisse für weitere Edukte

CURRICULARE INNOVATIONSFORSCHUNG IN DER CHEMIEDIDAKTIK

Eine fundamentale Forderung an den Chemieunterricht ist die Vermittlung chemischer Prinzipien und Konzepte in engem Zusammenhang mit Alltagserfahrungen der Schülerinnen und Schüler, aber ebenso auch anhand aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse und überzeugender Anwendungen aus der Technik. Photochemische und photophysikalische Prozesse sind *par excellence* geeignet, diese Forderungen zu erfüllen, denn Prozesse mit Lichtbeteiligung haben bei vielen Vorgängen in Natur, Technik und Alltag Schlüsselfunktionen, führen aber in aktuellen Lehrgängen der Chemie leider immer noch ein „Schattendasein“. Die Fachdidaktik ist daher gefordert, Experimente, Konzepte und Lehr-/Lernmaterialien zu erforschen und entwickeln, die es ermöglichen, Photoprozesse ins Curriculum einzubeziehen. Diesen Forderungen kommt der Arbeitskreis **Photo-LeNa** nach. Seine Mitglieder vermitteln in Lehrerfortbildungen, Vorträgen und Workshops prägnante Experimente, didaktische Konzepte und Lehr-/Lernmaterialien aus eigener fachdidaktischer Forschung und Entwicklung.



Die „Top 10“ unter den curricular erschlossenen Experimentreihen sind:

Photolumineszenz in Leuchtfarben, die im UV-Licht sichtbar werden, z.B. auf Geldscheinen, Kreditkarten etc.		Photoredoxreaktionen als Modelle für die Photosynthese und die Atmung	
Chemilumineszenz für medizinische Immunoassays		Photopolymerisation für moderne Kunststoffe, z.B. licht-härtende Zahnfüllungen	
Elektrolumineszenz für LED's und OLED's in modernen Lampen, Displays etc.		Intelligente Materialien für digitale Informationsspeicherung	
Photostationäre Zustände als Konzept für Umwelttechnologien.....		Photokatalyse für Wasserstoff-Herstellung Abwasser-Reinigung u.a.	
Photoelektrochemische und Photogalvanische Zellen state of the art und Entwicklungsperspektiven für Solarzellen		Photosensibilisierung für photodynamische Krebstherapie Riechstoffsynthesen u.a.	

Weitere Information unter www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de > Teaching Photochemistry

Messwerterfassung in Schülerexperimenten

F. Liebner

Durch die Einführung grafikfähiger Taschenrechner in den Mathematikunterricht ergeben sich auch für die Chemie neue Möglichkeiten des Experimentierens. Insbesondere die Kombination der Handheldgeräte mit verschiedenen Messfühlern ermöglicht es, neue und altbewährte Experimente in veränderter Form in den Unterricht einfließen zu lassen.

Forum >> Diese Rubrik ist ein Diskussionsforum für strittige Fragen der Chemiedidaktik. Stellungnahmen der Leserschaft zu den Beiträgen sind erwünscht.

Stichwörter: grafikfähige Taschenrechner und Taschencomputer; Messwerterfassung; Temperatur-, pH- und Leitfähigkeitsmessungen; Absorptionskurve

1 Einleitung

Sind es nicht oft die alltäglichen naturwissenschaftlichen Phänomene, die die Schülerinnen und Schüler für die Fächer Biologie, Chemie und Physik begeistern? Experimente mit überraschenden oder außergewöhnlichen Effekten motivieren ebenso wie Experimente, bei denen moderne Technologien wie Messwerterfassungssysteme eingesetzt werden.

Die Nutzung von grafikfähigen Taschenrechnern bzw. Taschencomputern im Mathematikunterricht ist in vielen Bundesländern Alltag geworden. Schülerinnen und Schüler nutzen Handheldgeräte wie den TI-Nspire oder den TI-84 zum Rechnen, zum Simulieren mathematischer Sachverhalte, zum Erschließen von neuem Wissen usw.

Da diese Geräte käuflich erworben bzw. von den Schulen bereitgestellt werden, stehen sie nicht nur im Mathematikunterricht, sondern auch in den Naturwissenschaften zur Verfügung und können entsprechend eingesetzt werden. Der eigene Taschenrechner kann durch angeschlossene Sensoren wie z. B. pH-, Leitfähigkeits- oder Temperatursensoren als Messgerät genutzt werden (Abb. 1). Das Aufnehmen und anschließende Darstellen von Messwerten gestaltet sich ebenso schnell und einfach wie die Auswertung der grafischen Darstellung mit oder ohne Hilfe mathematischer Funktionen des Rechners.

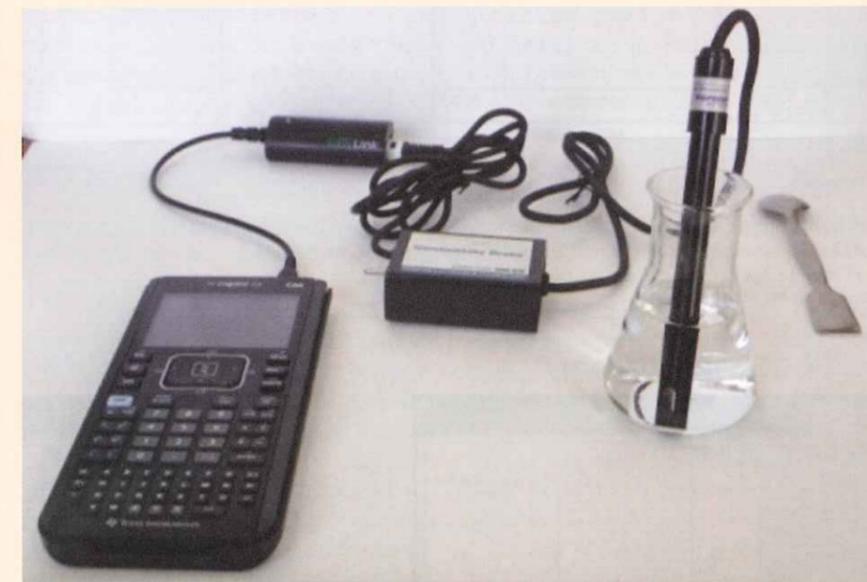


Abb. 1: TI-Nspire in Verbindung mit einem Leitfähigkeitssensor

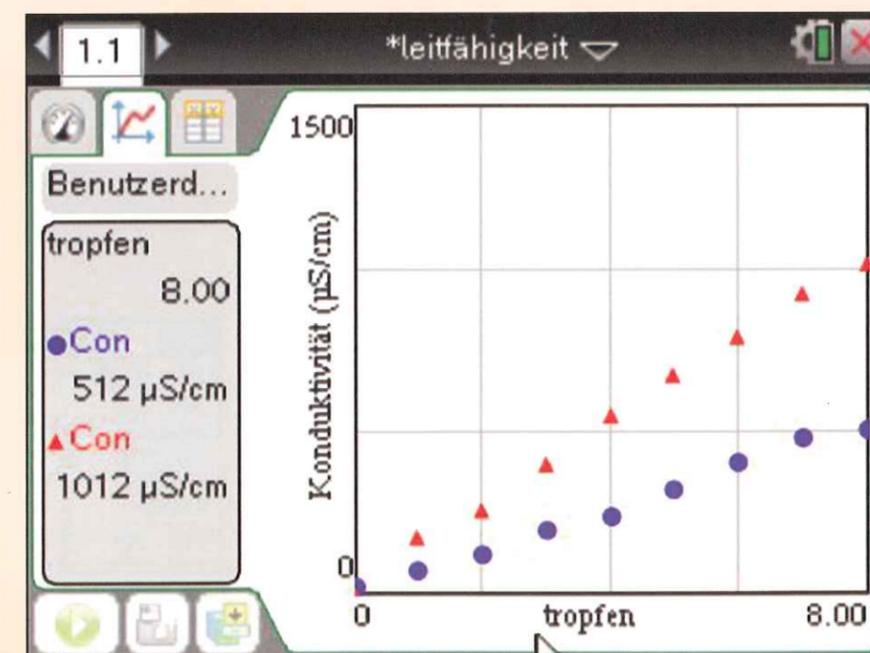


Abb. 2: Grafische Darstellung der Leitfähigkeit verdünnter NaCl- und CaCl₂-Lösung in Abhängigkeit von der Tropfenzahl

Beispiele

Station I

Leitfähigkeitstiteration von 100 ml Salzsäure der Stoffmengenkonzentration $c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ mit Natriumhydroxidlösung der Stoffmengenkonzentration $c = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (starke Säure, starke Base)

Reaktionsgleichung
 $\text{Cl}^- + \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Na}^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Cl}^- + \text{Na}^+ + 2 \text{H}_2\text{O}$

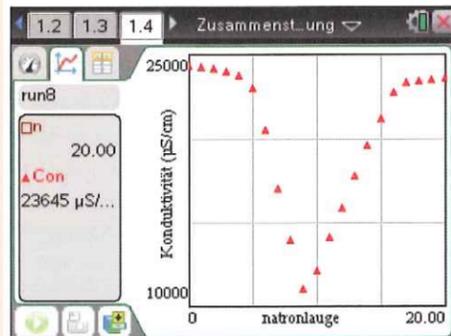


Abb. 3: Grafik zur Leitfähigkeitstiteration

Station III

pH-Wert-Titeration von 100 ml Salzsäure der Stoffmengenkonzentration $c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ mit Natriumhydroxidlösung der Stoffmengenkonzentration $c = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (starke Säure, starke Base)

Reaktionsgleichung
 $\text{Cl}^- + \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Na}^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Cl}^- + \text{Na}^+ + 2 \text{H}_2\text{O}$

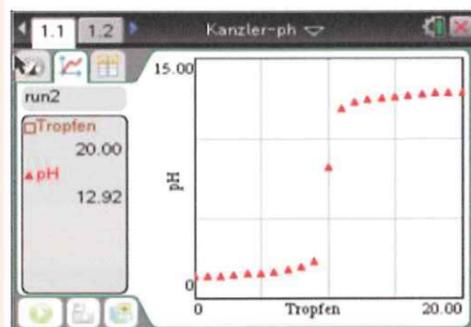


Abb. 5: Grafik zur pH-Wert-Titeration

Station V

Thermometrische Titeration von 20 mL Natriumhydroxidlösung der Stoffmengenkonzentration $c = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ mit Salzsäure der Stoffmengenkonzentration $c = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

Reaktionsgleichung
 $\text{Cl}^- + \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Na}^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Cl}^- + \text{Na}^+ + 2 \text{H}_2\text{O}$

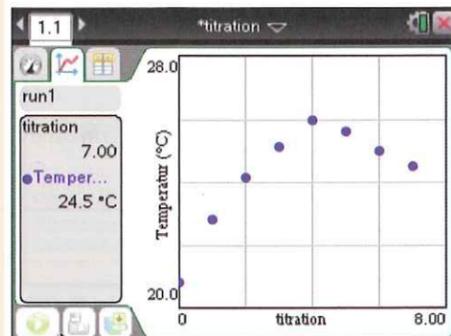


Abb. 7: Grafik zur Thermometrischen

Station II

Leitfähigkeitstiteration von 100 mL Ethansäure der Stoffmengenkonzentration $c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ mit Natriumhydroxidlösung der Stoffmengenkonzentration $c = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (schwache Säure, starke Base)

Reaktionsgleichung
 $\text{CH}_3\text{-COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Na}^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{-COO}^- + \text{Na}^+ + 2 \text{H}_2\text{O}$

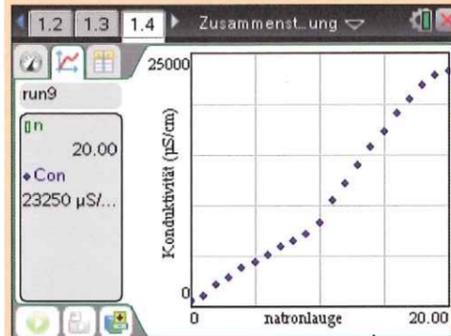


Abb. 4: Grafik zur Leitfähigkeitstiteration

Station IV

pH-Wert-Titeration von 100 mL Ethansäure der Stoffmengenkonzentration $c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ mit Natriumhydroxidlösung der Stoffmengenkonzentration $c = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (schwache Säure, starke Base)

Reaktionsgleichung
 $\text{CH}_3\text{-COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Na}^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{-COO}^- + \text{Na}^+ + 2 \text{H}_2\text{O}$

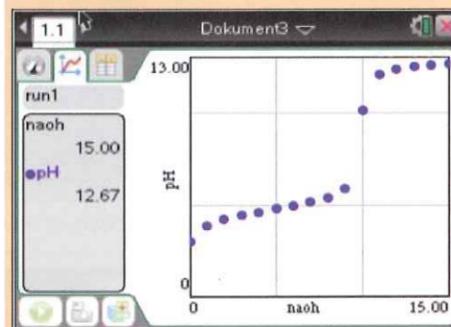


Abb. 6: Grafik zur pH-Wert-Titeration

Zusatzmaterial

Die Veränderung der elektrischen Leitfähigkeit bei der Titeration eines Gemisches aus Ethan- und Salzsäure wurde mit Natriumhydroxidlösung aufgezeichnet. Interpretiere die Grafik.

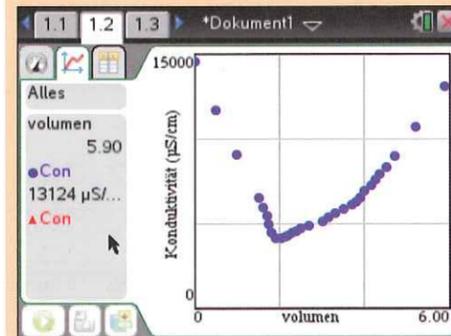


Abb. 8: Grafik zur Leitfähigkeitstiteration

Die Frage, welche veränderte Herangehensweise an experimentelle Inhalte des Chemieunterrichtes sich aus der „technischen Aufrüstung“ der Schüler ergibt, beschäftigt seit mehreren Jahren ein Team engagierter Chemielehrer. Innerhalb des Lehrerfortbildungsprojektes T³ Deutschland, welches an der Pädagogischen Hochschule Freiburg beheimatet ist, finden regelmäßige Arbeitstreffen von Chemielehrern aus mehreren Bundesländern statt, die u. a. dazu dienen, Diskussionen über den Einsatz von Messwertfassungssystemen im Unterricht zu führen und entsprechende Materialien zu entwickeln.

2 Ausgewählte Experimente mit Messwerterfassung

Nachfolgend werden anhand konkreter Beispiele Möglichkeiten der Einbindung von Experimenten mit Messwerterfassung in den Unterricht dargestellt. Die vorgestellten Materialien basieren auf vielfältigen Erfahrungen, die sowohl im eigenen Unterricht als auch in Diskussionen mit Kolleginnen und Kollegen in unterschiedlichen Veranstaltungen erworben wurden.

Alle Experimente wurden mit dem Taschenrechner TI-Nspire CX-CAS oder dem Interface LabCradle, welches an den Taschenrechner angeschlossen wird, durchgeführt. Da die Schülerinnen und Schüler die Taschenrechner vorrangig im Mathematikunterricht nutzen, ist ihnen die Bedienung weitgehend bekannt.

Die meisten Experimente können mit nur einem Sensor durchgeführt werden. Diese Sensoren werden direkt an den TI-Nspire CX CAS angeschlossen. Nach Durchführung eines Experimentes ist ein Austauschen des Sensors, z. B. zwischen einzelnen Schülergruppen, ohne Problem möglich. Aufgenommene Messwerte stehen im Rechner zur Auswertung zur Verfügung.

Bei den aufgeführten Beispielen wird auf eine Beschreibung der Handhabung der Geräte verzichtet.

2.1 Elektrische Leitfähigkeit verdünnter Salzlösungen

Was ist ein Ion? Welche Eigenschaften hat es? Wie entsteht es? Wo kommt es vor? Wie entwickelt man Dissoziationsgleichungen?

Diese und ähnliche Fragestellungen werden bereits im Anfangsunterricht behandelt. Um die Schülerinnen und Schülern in ihrem Lernprozess zu unterstützen, wurde ein leicht durchzuführendes

und sehr aussagekräftiges Experiment entwickelt.

Der Einsatz ist in verschiedenen Unterrichtssituationen mit unterschiedlichem Vorwissen der Schülerinnen und Schüler möglich. So kann das Experiment beispielsweise genutzt werden, nachdem das Ion als ein elektrisch geladenes Teilchen, welches u. a. nach dem Lösen von Ionen-substanzen in Wasser vorliegt, besprochen wurde.

Experimentieranleitung: Gib in ein Becherglas 70 mL destilliertes Wasser und stimme dessen elektrische Leitfähigkeit.

Setze dem destillierten Wasser einen Tropfen Natriumchloridlösung der Stoffmengenkonzentration $c = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ zu und miss nach Umrühren der Lösung erneut die elektrische Leitfähigkeit. Wiederhole die Messung in der beschriebenen Art und Weise bis zur Zugabe von 8 Tropfen Salzlösung.

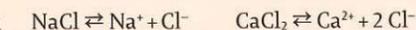
Speichere die aufgenommenen Messwerte. Wiederhole das Experiment mit Calciumchloridlösung der gleichen Stoffmengenkonzentration.

Auswertung: Die Abbildung 2 zeigt, dass die elektrische Leitfähigkeit in stark verdünnten Lösungen der Tropfenanzahl der zugesetzter Natrium- bzw. Calciumchloridlösung proportional ist. Die elektrische Leitfähigkeit der Calciumchloridlösung steigt schneller als die der Natriumchloridlösung.

Da es sich um gleichkonzentrierte Lösungen und gleiche Zugabemengen handelt, ist die Ursache in der Teilchenanzahl oder der unterschiedlichen Leitfähigkeit von Calcium- und Natrium-Ionen zu suchen. Für Schülerinnen und Schüler im Anfangsunterricht sollte auf die spezifische Leitfähigkeit der einzelnen Ionenarten verzichtet werden, zumal sich diese hier nur unwesentlich unterscheiden.

Somit können die Versuchsergebnisse auf die unterschiedliche Teilchenanzahl, die bei gleichkonzentrierten Lösungen vorliegen müssen, zurückgeführt werden.

Mithilfe von Dissoziationsgleichungen, die den Lösevorgang von festen Ionensubstanzen widerspiegeln, kann das experimentelle Ergebnis erläutert werden.



Weiterführende Betrachtungen: Das vorgeschlagene Experiment lässt sich problemlos mit Aluminiumchloridlösung der Stoffmengenkonzentration $c = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ergänzen.

Mit älteren Schülerinnen und Schülern oder in Arbeitsgemeinschaften kann die

Veränderung der elektrischen Leitfähigkeit bei Erhöhung der Tropfenzahl erarbeitet werden.

2.2 Titrations

Die Aufnahme von Titrationskurven ist ein häufig durchgeführtes Experiment. Durch den Einsatz der Handheldtechnologie besteht die Möglichkeit, dass Schülerinnen und Schülern mehrere unterschiedliche Titrations durchzuführen und diese auswerten. In einer sich anschließenden Präsentation können aufgenommenen Messwerte gegenseitig ausgetauscht und interpretiert werden.

Ein besonderer Vorteil der eingesetzten Technik besteht u. a. darin, dass bei der pH-Wert-Titeration der Äquivalenz- bzw. Halbäquivalenzpunkt als Wendepunkt des jeweiligen Graphen mathematisch ermittelt werden kann. Durch Einfügen von Geraden in die Titrationskurven der Leitfähigkeitstiteration sind das Berechnen des Schnittpunktes dieser Geraden und damit die Ermittlung des Äquivalenzpunktes ohne Probleme möglich.

In den Beispielen der Tabelle 1 wurden einwertige Säuren (Salzsäure und Ethansäure) und Natriumhydroxidlösung eingesetzt. Somit kann der Unterschied bei der Titeration von starken und schwachen Säuren mit Natriumhydroxidlösung anhand der ermittelten Graphen erarbeitet werden.

In den Abbildungen 9 bis 12 wird die mathematische Ermittlung des Äquivalenzpunktes dargestellt. Je mehr Messwerte aufgenommen werden, desto genauer kann der Äquivalenzpunkt bestimmt werden.

Station I und II: Leitfähigkeitstiteration – Prinzip der Äquivalenzpunktbestimmung

Der Taschenrechner bietet das Einfügen von verschiebbaren Geraden mit gleichzeitiger Anzeige und Speicherung der entsprechenden Funktionsgleichung (Abb. 9).

Nach Einfügen der Geraden wird deren Schnittpunkt ermittelt. Dieser entspricht dem Äquivalenzpunkt (Abb. 10).

Station III und IV: pH-Wert – Prinzip der Äquivalenzpunktbestimmung

Da alle aufgenommenen pH-Werte in Abhängigkeit der Volumenzugabe von Natriumhydroxid in einer Datenbank vorliegen kann mittels Differenzenquotienten die erste Ableitungsfunktion berechnet und dargestellt werden (Abb. 11).

Das Maximum dieser ersten Ableitungsfunktion entspricht dem Wende-

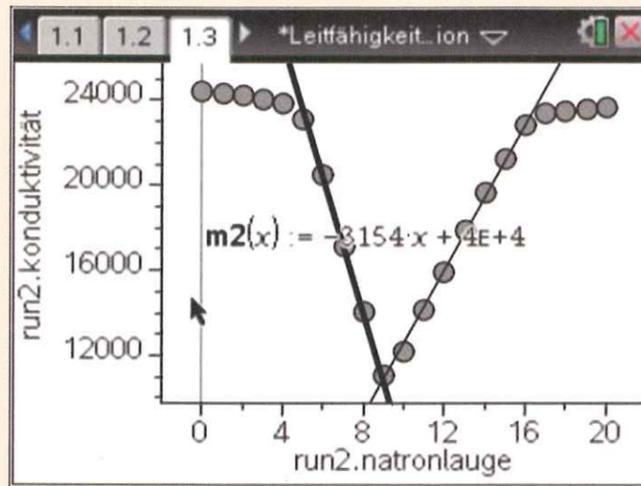


Abb. 9: Grafik zur Ermittlung des Äquivalenzpunktes

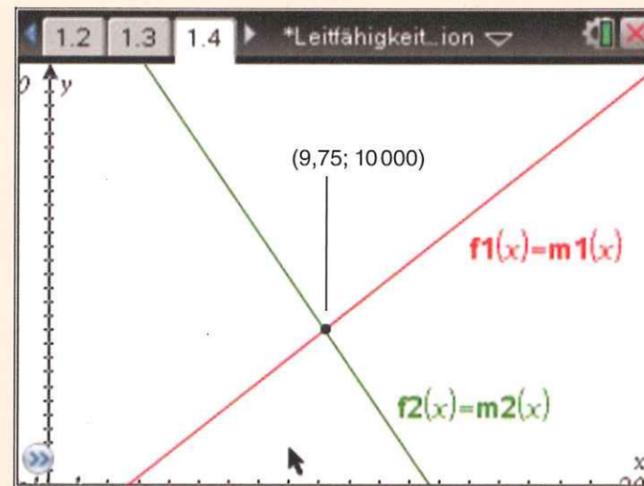


Abb. 10: Grafik zur Ermittlung des Äquivalenzpunktes

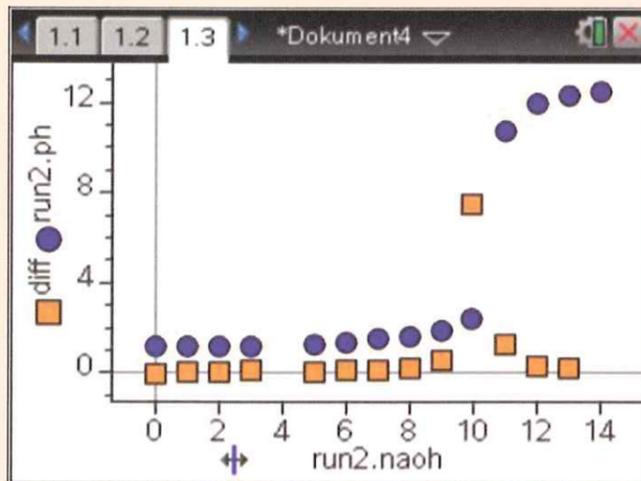


Abb. 11: Grafik zur Ermittlung des Äquivalenzpunktes

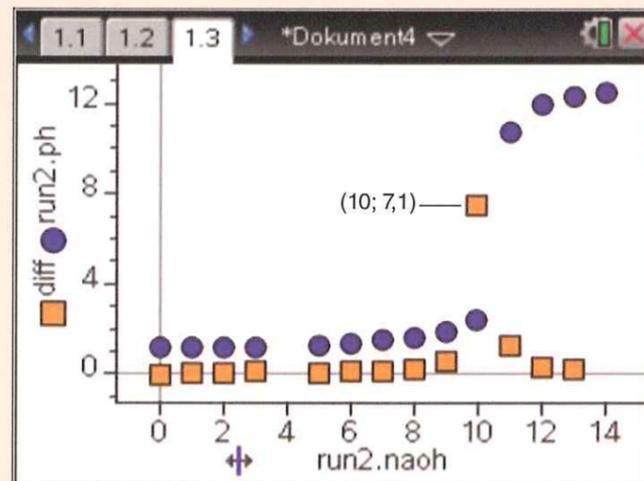


Abb. 12: Grafik zur Ermittlung des Äquivalenzpunktes

punkt der vorgegebenen Funktion und somit dem Äquivalenzpunkt bei der durchgeführten Titration (Abb. 12).

5 Weiterführende Betrachtungen

Erfahrungen zeigen, dass Schülerinnen und Schüler die Auswertung der thermometrischen Titration gut bewältigen.

Auch das Verständnis für die Leitfähigkeitstiteration von Salzsäure mit Natriumhydroxidlösung ist gut. Allerdings wird die Verringerung der elektrischen Leitfähigkeit zu Beginn der Titration meist nur auf die Reaktion der Oxonium- mit Hydroxid-Ionen ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O}$) und damit auf die Verringerung der Anzahl von Ionen reduziert.

An dieser Stelle muss die Lehrkraft den Schülerinnen und Schülern Informationen über die unterschiedlichen spezifischen Leitfähigkeiten der einzelnen Ionen geben.

Zur Vermeidung von Fehlvorstellungen, kann das unter 2.1 beschriebene Ex-

periment zur elektrische Leitfähigkeit verdünnter Salzlösungen so abgewandelt werden, dass Natriumchloridlösung und Salzsäure der Stoffmengenkonzentration $c = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ eingesetzt werden.

Die Abbildung zeigt, dass die elektrische Leitfähigkeit der Salzsäure wesentlich stärker ansteigt als die der Natriumchloridlösung. Da die Lösungen die gleiche Anzahl an Ionen und beide Chlorid-Ionen enthalten, ist der Unterschied in der elektrischen Leitfähigkeit nur auf die Natrium- bzw. Oxonium-Ionen zurückzuführen. Mithilfe dieser Versuchsergebnisse kann die Leitfähigkeitstiteration vollständig erklärt werden.

Die Interpretation der Graphen, die bei der pH-Wert-Titration aufgenommen werden, ist für die Schülerinnen und Schüler recht schwierig.

2.3 Reaktionskinetik

Für die nachfolgenden Experimente wurde die Reaktion von Magnesium mit einer

Säure zugrunde gelegt. Der bei der ablaufenden Reaktion entstehende Wasserstoff verändert den Druck in einem geschlossenen Reaktionsgefäß (Reagenzglas). Die Druckveränderung wird in Abhängigkeit von der Zeit mittels Gasdrucksensor erfasst.

Experimentieranleitung: Bereite eine Datenaufnahme (Zeitgraph) mit dem Rechner vor.

Versuch 1: Versetze ein Magnesiumstück der Länge $l \approx 1 \text{ cm}$ mit 2 mL Salzsäure der Stoffmengenkonzentration $c(\text{HCl}) = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Verschließe das Reagenzglas mit dem Stopfen, an dem der Drucksensor angeschlossen ist. Starte die Messwerterfassung (Abb. 14).

Versuch 2: Wiederhole Versuch 1 mit Salzsäure der Stoffmengenkonzentration $c(\text{HCl}) = 0,75 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ und einem gleich großen Stück Magnesium.

Versuch 3: Wiederhole Versuch 1 mit Salzsäure der Stoffmengenkonzentration $c(\text{HCl}) = 0,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ und einem gleich großen Stück Magnesium.

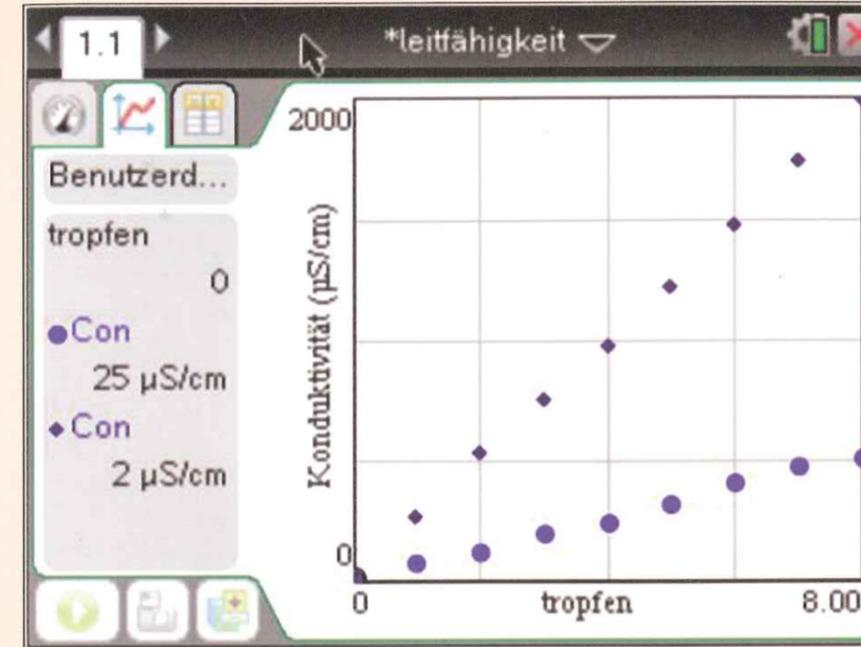


Abb. 13: Grafische Darstellung der elektrischen Leitfähigkeit verdünnter NaCl-Lösung und Salzsäure in Abhängigkeit von der Tropfenanzahl

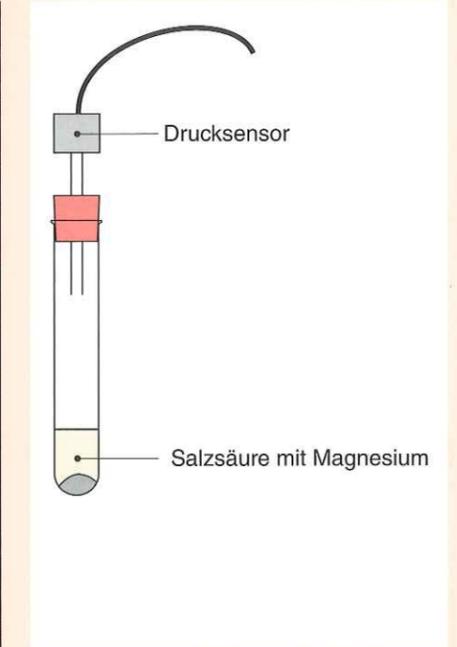


Abb. 14: Versuchsaufbau zur Druckmessung

Auswertung: Abbildung 15 zeigt die Ergebnisse der drei durchgeführten Versuche.

Die Grafiken verdeutlichen die Abhängigkeit der Druckveränderung innerhalb des Reagenzglases von der Stoffmengenkonzentration der eingesetzten Salzsäure.

Weiterführende Betrachtungen: Beeindruckende Ergebnisse erhält man, wenn das oben beschriebene Experiment mit Salzsäure und Ethansäure gleicher Stoffmengenkonzentration durchgeführt wird (Abb. 16).

Die Interpretation stellt auch für Schüler aus Leistungskursen ein erhöhtes Anforderungsniveau dar.

Da die Reaktion von Magnesium mit Säurelösungen exotherm verläuft, führt eine Aufnahme der Veränderung des pH-Wertes oder der elektrischen Leitfähigkeit der Lösung nur zu ungenauen und schlecht zu interpretierbaren Messergebnissen. Ebenso ist die Untersuchung der Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von der Temperatur aufgrund der Temperaturabhängigkeit von pH-Wert- und Leitfähigkeitsmessfühlern nicht möglich.

2.4 Colorimeter

Neben der Möglichkeit pH-Werte, Drücke, Temperaturen u. v. a. m. zu messen, kann

auch ein Colorimeter an den Taschenrechner angeschlossen werden (Abb. 17). Unter Nutzung des Colorimeters ist es möglich, die Extinktion (Absorbance) bei 4 unterschiedlichen Wellenlängen zu messen. Mithilfe des Lambert-Beerschen-Gesetzes können z. B. Konzentrationen von Lösungen unter Verwendung vorher erstellter Eichkurven bestimmt werden.

Im nachfolgenden Experiment wird die Veränderung der Extinktion einer basischen Phenolphthaleinlösung in Abhängigkeit von der Zeit aufgenommen. Neben der bekannten Farbreaktion des Phenolphthaleins, das seine Verwendung als Säure-Base-Indikator ermöglicht, gibt

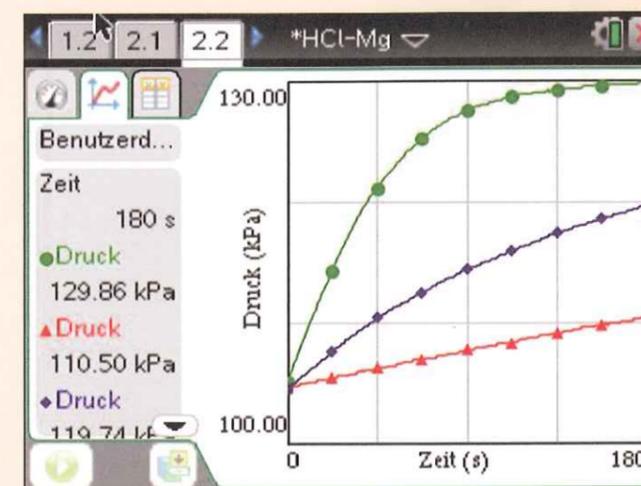


Abb. 15: Darstellung der Druckänderung in Abhängigkeit von der Zeit

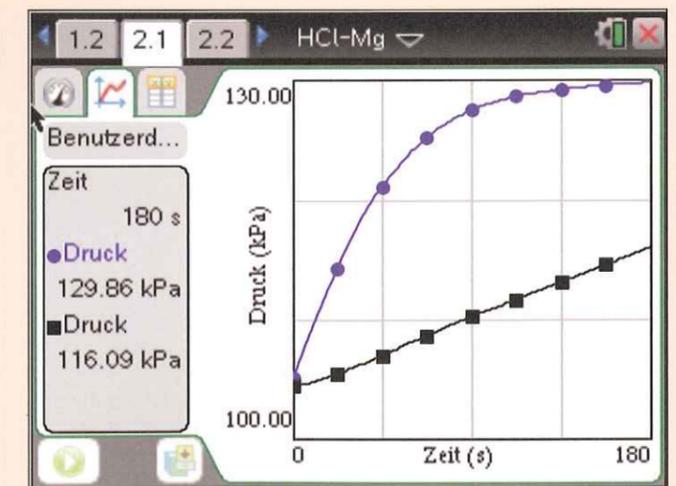


Abb. 16: Druckänderung bei der Reaktion von Salz- und Ethansäure mit Magnesium

Cool

Endlich hatte Harry Potter den goldenen Schnatz gefangen und mal wieder ein Quidditch-Spiel für Gryffindor gewonnen. Nun lag er mit hochrotem Kopf unter einer alten Eiche und wünschte nichts weiter als ein bisschen Abkühlung. Wie immer wusste Hermine Rat. Sie legte Harry einen Lappen, getränkt mit einer farblosen Flüssigkeit, auf die Stirn. Sofort durchfuhr ihn ein kühler Schauer. „Hermine, was hast Du da für eine Zauberflüssigkeit entdeckt?“ fragte Harry verwundert. Hermine grinste und meinte: „Hast Du etwa noch nie einen nassen Waschlappen ins Gesicht bekommen?“ Harry dachte lange darüber nach. Konnte einfaches Wasser so eine Wirkung haben oder war doch Zauberei im Spiel? Wir wollen ausprobieren, ob wir Harry weitere „Zauberflüssigkeiten“ zur Abkühlung empfehlen können.

Experiment

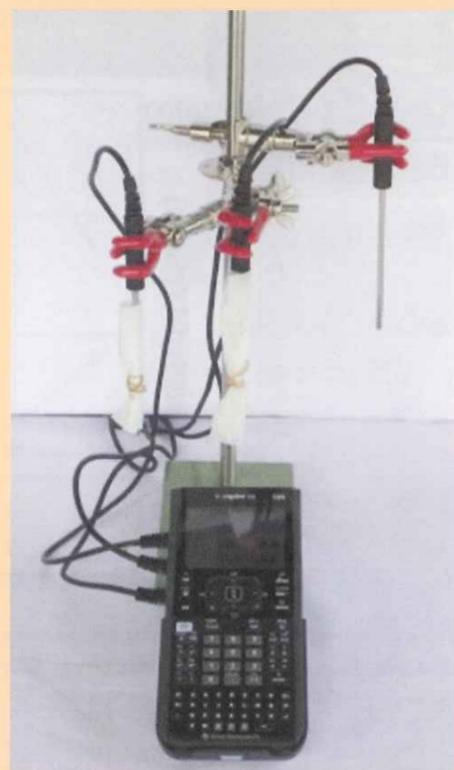
Schneide aus Filter- oder Küchenpapier ein etwa 6×6 cm großes Stück aus und umwickele damit den Metallstab des Temperatursensors. Diese Papierhülle wird mit einem Gummiband fixiert. Berechne zwei Temperaturfühler vor, wenn du Vergleiche anstellen willst, z. B. zwischen Luft und einer beliebigen Flüssigkeit oder zwischen Wasser und Kölnisch Wasser (Erfrischungstuch).

Nach dem Anschließen der Temperatursensoren an das Messgerät ist der Rechner so einzustellen, dass eine Temperaturmessung über einen Zeitraum von ca. 5 Minuten alle 10 Sekunden erfolgt.

Gib in ein Reagenzglas etwa 1 mL Wasser bzw. Kölnisch Wasser (Rasierwasser).

Tauche die präparierten Temperatursensoren in die jeweilige Flüssigkeit.

Starte die Messung, ziehe die Temperatursensoren heraus und fixiere den jeweiligen Griff an einem Stativ oder direkt an der Kante eines Tisches, so dass die Flüssigkeit ungehindert verdunsten kann.



Auswertung

1. Ergänze die Tabelle.

Untersuchte Probe	Anfangstemperatur in °C	Endtemperatur in °C

2. Skizziere die Graphen von mindestens zwei deiner Messungen in einem Diagramm und beschreibe den Unterschied.



3. Erkläre mit Hilfe der Teilchenvorstellung, warum sich Flüssigkeiten beim Verdunsten verschieden stark abkühlen.

Kasten 1: Schülerarbeitsblatt zur Bestimmung von Verdunstungsenthalpie (verändert nach [1])



Abb. 17: TI-Nspire in Verbindung mit einem Colorimeter

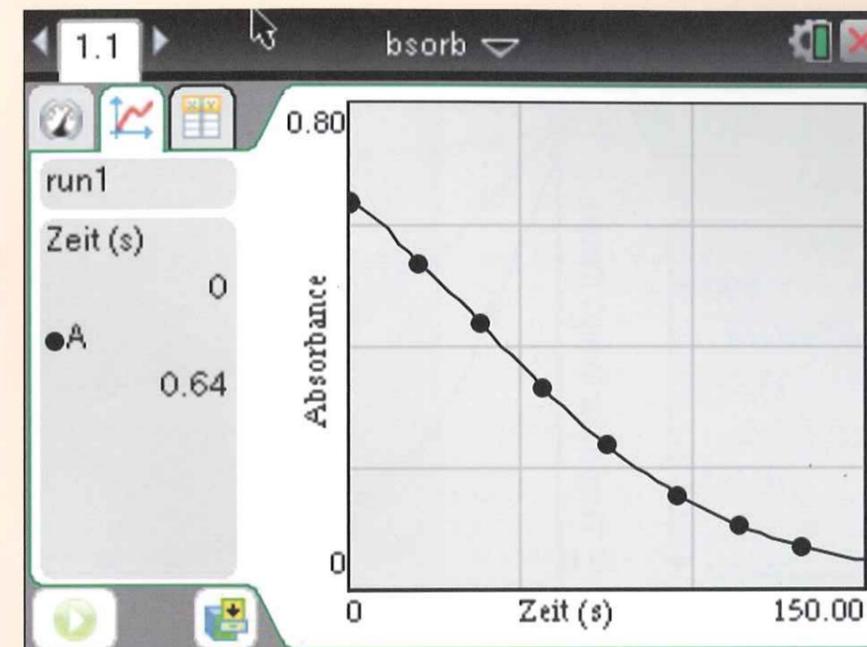


Abb. 18: Darstellung der Extinktion (Absorbance) in Abhängigkeit von der Zeit

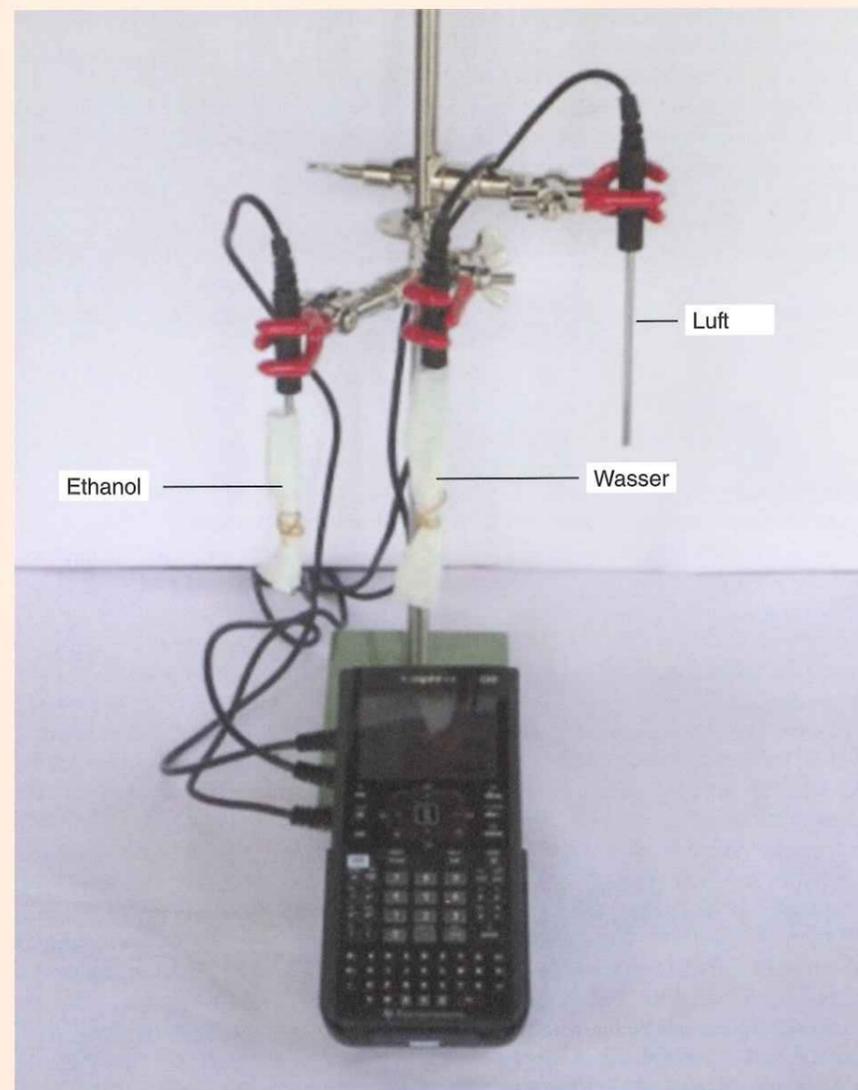


Abb. 19: Versuchsaufbau zur Ermittlung von Abkühlkurven

es noch eine zweite, irreversible Farbreaktion im stark alkalischen Bereich. Bei dieser kommt es zur Entfärbung der Lösung durch Zerstörung des chromophoren Systems im Phenolphthalein und somit zur Veränderung der Extinktion der Lösung.

Experimentieranleitung: Gib in eine saubere Küvette Natriumhydroxidlösung der Stoffmengenkonzentration $c = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ und 10 Tropfen Phenolphthaleinlösung. Miss die Veränderung der Extinktion über einen Zeitraum von 3 Minuten.

Auswertung: Abbildung 18 zeigt die Veränderung der Extinktion in Abhängigkeit von der Zeit, welche durch die Farbänderung der Lösung verursacht wurde.

Mithilfe der im Rechner zur Verfügung stehenden Funktionen können die Daten mathematisch ausgewertet werden. Dadurch ist z. B. die Bestimmung der vorliegenden Reaktionsordnung möglich.

2.5 Verdunstungsenthalpie

Naturwissenschaftlichen Phänomenen auf der Spur – unter diesem Titel wurden durch die Arbeitsgruppen Biologie, Physik und Chemie aus dem Lehrerfortbildungsprojekt T³ 20 Experimente veröffentlicht [1].

Hauptanliegen dieses Materials ist es, alltägliche, naturwissenschaftliche Phänomene aufzugreifen, experimentell zu untersuchen und Erklärungen zu finden.

Durch die Einbindung der Experimente in einen entsprechenden Kontext soll bei den Schülerinnen und Schülern erreicht werden, dass sie sich ausgehend von bekannten Erscheinungen für die Naturwissenschaften öffnen und interessieren.

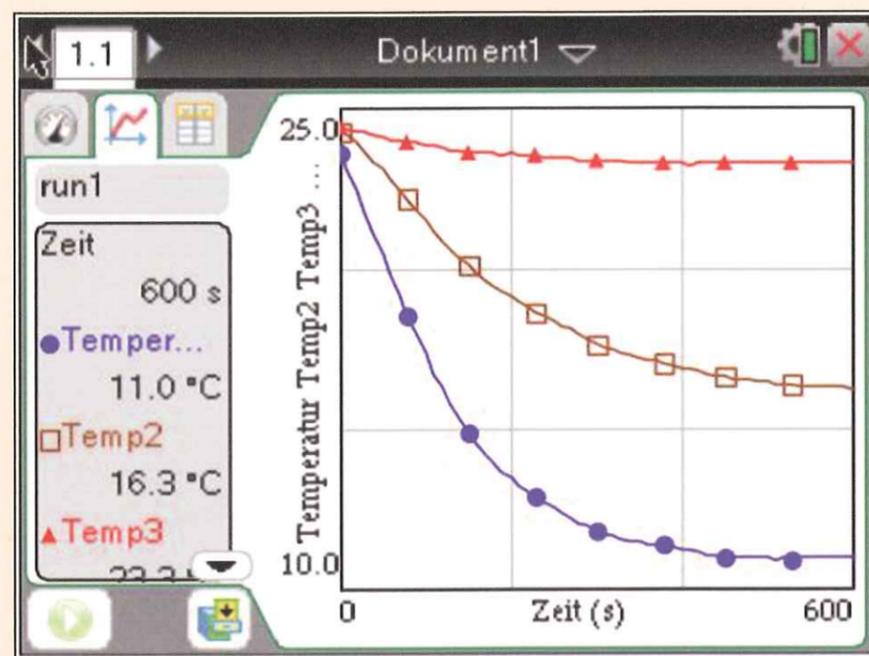


Abb. 20: Abkühlkurven

Das aus dem oben angegebenen Material entnommene Beispiel „Cool“ zeigt, wie das „Phänomen“ Verdunstungsenthalpie untersucht wird, ohne dass der Begriff explizit erwähnt wird (Kasten 1). Dadurch sind die Materialien für Schülerinnen und Schüler unterschiedlicher Altersstufen geeignet.

Weiterführende Betrachtungen: Die nachfolgende Auswertung bezieht sich auf den Vergleich zwischen Luft, Wasser und Ethanol (Abb. 19). Abbildung 20 zeigt die unterschiedlichen Abkühlungskurven von Wasser und Ethanol im Vergleich zur Lufttemperatur.

Bei diesem Experiment wurde das Interface LabCradle, welches direkt an den Rechner angeschlossen werden kann, genutzt. Dadurch besteht die Möglichkeit über drei Temperatursensoren die Tempe-

raturveränderungen gleichzeitig zu erfassen und grafisch darzustellen.

Dieses Experiment kann auch mit Alkanen unterschiedlicher Kettenlänge durchgeführt werden. Daran lässt sich der Zusammenhang zwischen Kettenlänge und zwischenmolekularen Kräften innerhalb der homologen Reihe der Alkane gut darstellen bzw. erarbeiten.

3 Schlussbemerkungen

Durch die Einführung grafikfähiger Taschenrechner bzw. Taschencomputer in den Mathematikunterricht besitzen die Schülerinnen und Schüler eine technische Grundausstattung, welche auch für die Naturwissenschaften bereitsteht.

Als Herausforderungen treten nicht nur das exakte Durchführen, sondern z. B. auch das Zusammenfügen von Messwert-

zentrum Chemie eingerichtet. Insgesamt gibt es damit sieben derartige Zentren in Deutschland, die anderen sind an der Universität Rostock, den Universitäten Bremen und Oldenburg, der Universität Dortmund, den Universitäten Leipzig und Jena, der Universität Frankfurt, und der Universität Erlangen/Nürnberg angesiedelt.

Das neue für den gesamten Südwesten zuständige Lehrerfortbildungszentrum in Karlsruhe ist das erste an einer Pädagogischen Hochschule. Die Kommission für Lehrerfortbildung der Gesellschaft Deutscher Chemiker hat sich im Oktober 2012 nach Prüfung aller Anträge für die Einrichtung eines solchen Zentrums am Insti-

erfassung, deren Darstellung und Auswertung auf. In einer Welt, in der Handy und iPod zum Alltag gehören, sollten moderne Messwerterfassungssysteme in der Schule nicht fehlen.

Sicherlich tauchen beim Einsatz dieser Geräte immer wieder Fragen auf, über deren Beantwortung noch intensiv diskutiert und nachgedacht werden muss.

Sollte beispielsweise ein Schüler wissen, wie eine pH-Elektrode funktioniert? In welchem Alter kann man Schüler erstmalig mit Messwerterfassung konfrontieren? Wie viel Mathematik wird zum Auswerten von Messwerten benötigt?

Nach fast 12-jähriger Beschäftigung mit Messwerterfassungssystemen im Lehrerfortbildungsprojekt T³ ist eine starke Verbreitung dieser Technik in Deutschland festzustellen.

Rückmeldungen von Lehrerinnen und Lehrern, die inzwischen Messwerterfassungen in ihrem Unterricht durchführen, ermutigen und verpflichten, die begonnene Arbeit fortzuführen.

Hinweis

Dieser Beitrag wurde in Abstimmung mit den Mitgliedern der Arbeitsgruppe T³-Deutschland Chemie erstellt.

Literatur

[1] F. Liebner (2011) (Hg.). *Naturwissenschaftlichen Phänomenen auf der Spur – Experimente für den Naturwissenschaftlichen Unterricht, T³ Deutschland.*

Anschrift des Verfassers

Frank Liebner, Geschwister-Scholl-Gymnasium, Pestalozzistraße 21, 02708 Löbau

tut für Chemie der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe entschieden. Der Antrag des Instituts für Chemie unter Leitung von Prof. Dr. Matthias Ducci überzeugte die Kommission vor allem durch die fachliche Exzellenz in der Chemielehrausbildung und fortbildung, so der Vorsitzende der GDCh-Kommission für Lehrerbildung, Prof. Dr. Holger Butenschön.

Am Mittwoch, den 30. Januar 2013 wurde das Zentrum mit zahlreichen Gästen aus Schule, Hochschule, den Staatlichen Seminaren zur Lehrerbildung, dem Kultusministerium, der Wirtschaft und Verbänden an der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe feierlich eröffnet.



Abb. 1: Eröffnungsfeier



Abb. 2: Kultusstaatssekretär Dr. Frank Mentrup (MdL), spricht der Hochschule seine herzlichen Glückwünsche zum neuen GDCh-Lehrerfortbildungszentrum aus. Foto: Julian Groß

Mit dem GDCh-Lehrerfortbildungszentrum „wird unsere Hochschule zu einem wichtigen Kompetenzzentrum für die Chemiedidaktik im Südwesten, auf das wir stolz sind“, freute sich Rektorin Dr. Christine Böckelmann in ihrer Begrüßung und lobte das Engagement der der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) sowie dem Fonds der Chemischen Industrie: Diese „beklagen nicht einfach Nachwuchsprobleme im Bereich der Naturwissenschaften, sondern engagieren sich selber aktiv an dem Ort, an dem eine nachhaltige Wirkung in Bezug auf den naturwissenschaftlichen Nachwuchs erzielt werden kann: in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung.“ Deshalb sei es ein Projekt mit absolutem Vorbildcharakter.

Prof. Dr. Holger Butenschön der Universität Hannover und Vorsitzender der GDCh-Kommission für Lehrerbildung, erläuterte in seinen Grußworten hierzu, gute Chemielehrerbildung sei im Urinteresse der Fachwissenschaft und Chemieindustrie. Guter Chemieunterricht wecke nicht nur die Lust, später einen Beruf in dieser Richtung zu ergreifen, sondern befähige die Schülerinnen und Schüler auch, sich ihr eigenes Urteil in diesem Bereich zu bilden. Entsprechend hätte der Antrag von Prof. Dr. Matthias Ducci für die Einrichtung eines solchen Zentrums am Institut für Chemie der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe durch seine fachliche Exzellenz in der Chemielehrausbildung und fortbildung überzeugt.

„Wesentliches Merkmal des GDCh-Lehrerfortbildungszentrums Karlsruhe ist es, dass Fortbildungen für (Chemie)Lehrkräfte aller Schulformen angeboten werden, vom Grundschullehrer des Faches MeNuK bis hin zum Chemielehrer in der gymnasialen Oberstufe“, legte Professor Ducci daraufhin dar. „Ein weiteres besonderes Kennzeichen sind die Orte, an denen die Fortbildungen durchgeführt werden. Neben Veranstaltungen an der PH Karlsruhe und der PH Freiburg, deren Chemieabteilung Partner des Karlsruher Zentrums ist, wird es zahlreiche Fortbildungen an besonders interessierten Schulen geben“, fuhr er fort. Zum Profil des Zentrums gehöre ebenfalls die Durchführung etlicher Fortbildungen durch auswärtige Referenten aus Schule, Hochschule und Industrie. Hiermit sei eine größere Authentizität bei der Vermittlung neuer Konzepte und Experimente gegenüber anderen Fortbildungsformen gewährleistet, betonte der Leiter des neuen Zentrums.

Kultusstaatssekretär Dr. Frank Mentrup, MdL sprach seine herzlichen Glückwünsche zum neuen Zentrum aus: Die Pädagogische Hochschule Karlsruhe leiste mit der Einrichtung des Lehrkräftefortbildungszentrums der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) einen großen Beitrag zur Stärkung der MINT-Fächer an den Schulen, lobte er. „Die MINT-Fächer – also Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik – haben vor allem in den Sekundarstufen I und II eine große Bedeutung. Es ist wichtig, dass Schülerinnen und Schüler in diesen Fächern Kompetenzen erwerben, damit wir langfristig das hohe Innovationsniveau unseres

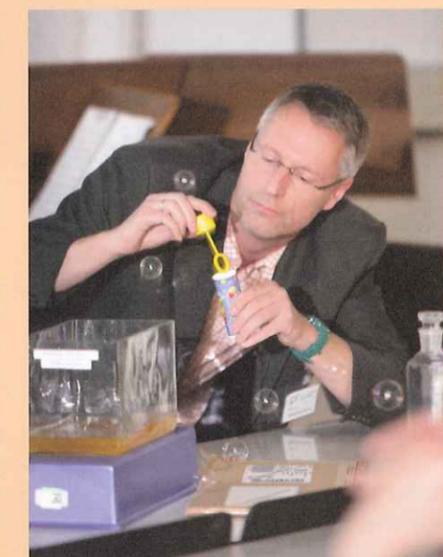


Abb. 3: Prof. Dr. Matthias Ducci bei einem Experiment im Rahmen seines Vortrags Foto: Julian Groß

BERICHTE

GDCh-Lehrerfortbildungszentrum an der PH Karlsruhe

Staatssekretär Dr. Frank Mentrup lobt großen Beitrag zur Stärkung der MINT-Fächer an den Schulen

Mit Beginn des Jahres 2013 wurde am Institut für Chemie der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe ein von der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) sowie dem Fonds der Chemischen Industrie gefördertes Lehrerfortbildungs-