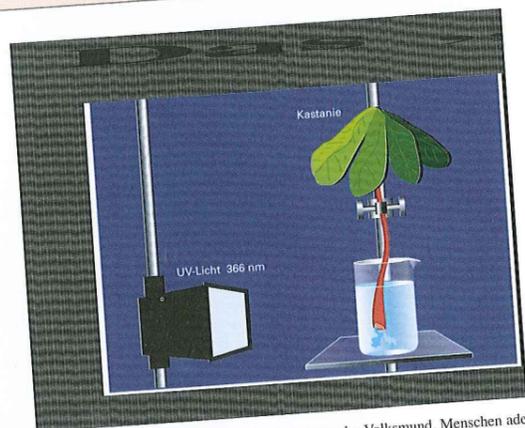


Experimente mit Spaß



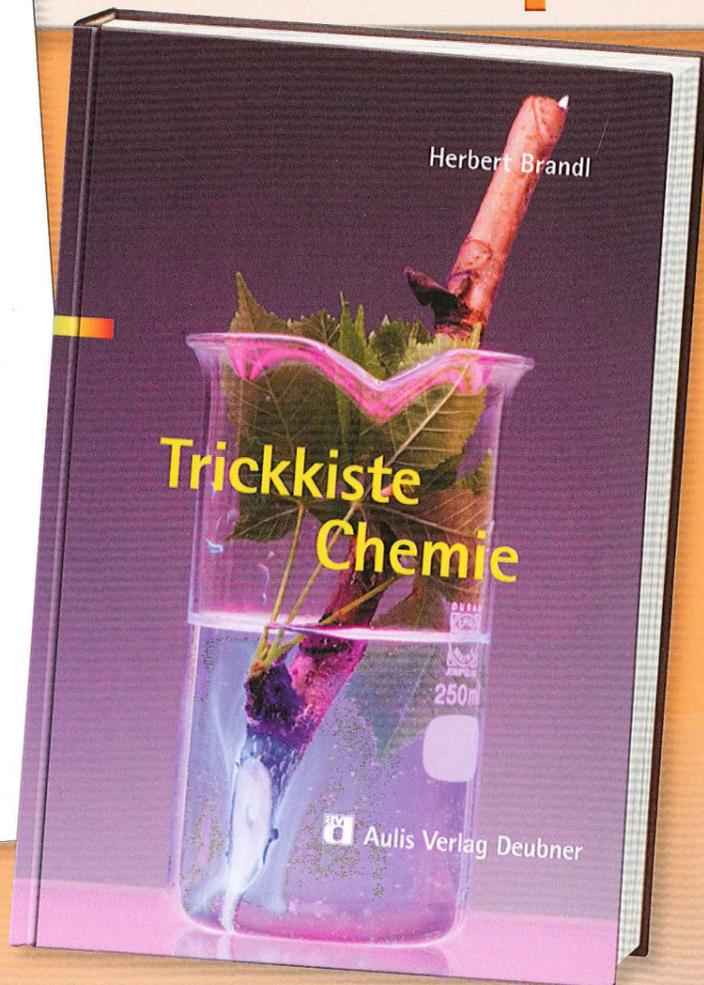
Schon seit dem Mittelalter behauptet der Volksmund, Menschen adeliger Herkunft hätten blaues Blut. Natürlich besitzen selbst die ältesten Adelsgeschlechter wie alle „gewöhnlichen Sterblichen“ rotes Blut. Die rote Farbe des Blutes bei Menschen und Säugetieren wird durch den Blutfarbstoff Hämoglobin verursacht. Mollusken (Schnecken, Muscheln und Tintenfische), Spinnen und Krebse hingegen besitzen den kupferhaltigen Blutfarbstoff Hämocyanin. Dieser Farbstoff ist in sauerstoffreichem Zustand farblos, nimmt aber bei Bindung von Luftsauerstoff eine himmelblaue Farbe an. Die genannten Tiergruppen besitzen also tatsächlich „blaues Blut“.

Die Rosskastanie (*Aesculus hippocastanum*), ein prächtiger und stattlicher Laubbaum, ist vor allem bei Biergartenbesuchern wegen seines ausladenden grünen Blätterdaches, das wohlthuend Schatten spendet, sehr beliebt. Aber auch ihre Samen, die glänzend rotbraunen Kastanien, erfreuen im Herbst jung und alt. Die Rosskastanie wird daher als edler Laubbaum betrachtet, der zudem noch „blaues Blut“ zu besitzen scheint.

152

Trickkiste Chemie

Herbert Brandl
2. gründl. überarb. Auflage, 280 Seiten, 144 Abbildungen,
davon 83 farbig, Format 17 x 24 cm, geb.
► Best.-Nr. A302641 € 29,50



Servieren Sie doch mal blutrot leuchtenden „Dracula-Tee“. Oder lassen Sie Riesenschlangen aus einem Feuer speienden Vulkan kriechen. Über 60 erprobte Versuche finden sich in der „Trickkiste Chemie“: sorgfältig aufbereitet, jeweils mit farbiger Abbildung dokumentiert, mit klar formulierter Versuchsvorschrift, Materialliste, Gefahren- und Entsorgungshinweisen. Und natürlich mit einer ausführlichen Betrachtung der chemischen Vorgänge und weiterführenden Literaturtipps. Mit diesen Experimenten sorgen Sie für Spannung und Spaß im Klassenzimmer!

Preise gültig bis 31.07.2013

Weitere Informationen im Internet: www.AULIS.de

Aulis Verlag KUNDENSERVICE

Postfach 1865 • 85318 Freising • vertrieb@aulis.de • www.aulis.de • Tel. 0180 3 179000* • Fax 0180 3 179001*

* 9 Cent/Min. aus dem deutschen Festnetz; Mobilfunk bis 42 Cent/Min. (aus dem Mobilfunknetz wählen Sie bitte die Festnetznummer 08167 9573-0)

AULIS

Zweigbibliothek Chemie der
Universitäts- u. Landesbibliothek
Corrensstraße 40, Tel. 0251/8333300
D-48149 Münster (Germany)

Inhalt

Herausgeber:
Prof. Dr. Michael W. Tausch

Schriftleiter:
Prof. Dr. Jens Friedrich
und Prof. Dr. Marco Oetken, Freiburg

Herausgeber:
Prof. Dr. Matthias Ducci, Karlsruhe
apl. Prof. Dr. Brigitte Duvinage, Potsdam
Prof. Dr. Jens Friedrich, Freiburg
Peter Heinzerling, Hannover
Dr. Erhard Imer, Göttingen
Prof. Dr. Marco Oetken, Freiburg
Prof. Dr. Michael W. Tausch, Syke
Dr. Judith Wambach-Laicher, Neuss

Der Inhalt dieser Hefte wird sorgfältig erarbeitet.

Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber, Redakteur, Herstellung und Verlag für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung. Bei allen Substanzen, die in Experimenten eingesetzt werden sollen, sind die entsprechenden Gefahrenhinweise angegeben; z.B. Natrium (leichtentzündlich, F; ätzend, C).

Die Herausgeber wollen damit den Lesern einen zusätzlichen Service anbieten. Jeder Experimentator ist aber selbst gehalten, sich genauestens über das Gefährdungspotenzial der verwendeten Stoffe zu informieren, mit entsprechender Vorsicht zu experimentieren und hinterher alles ordnungsgemäß zu entsorgen. Dabei sind die Vorschriften der Gefahrstoffverordnung (einschließlich R-, S- und E-Sätze) in deren aktuellster Fassung sowie die Dienstvorschriften der Schulbehörden zu beachten!

Schulexperimente im Wandel

Vorwort
M. W. Tausch 4

Der Springbrunnenversuch im Wandel der Zeit
W. Habelitz-Tkotch und J. Hörnig 5

Ammoniak-Synthese und Ammoniak-Springbrunnen –
Gefährdungspotenzial und Versuchsaufbauten
B.-H. Brand und Th. Grofe 10

Vor- und Nachteile einiger Experimente mit Alkalimetallen
N. Hantschel 13

Klassische Schulversuche –
Realexperiment und modellhafte Darstellung
C. Herdt 16

Redoxreaktionen in der Organischen Chemie –
Weiterentwicklung bewährter Versuchsvorschriften
R. Heimann, G. Harsch, S. Bortlik und A. Liedel 20

Aperol & Co – Die Spaltung von Mono- und Bisazofarbstoffen
S. Zajonc und M. Ducci 24

Bioabbaubare Polymere – Hydrolytischer Abbau
von Polymilchsäure-Folie
D. Harmsen, A. Lendlein, M. Schroeter, P. Scheffler
und B. Duvinage 30

Kreatives lösungsorientiertes Experimentieren (KLEx) –
Eine Experimentierphase im divergent-lösungsorientierten
Unterrichtsverfahren
K. Haim 34

Curriculare Innovationsforschung in der Chemiedidaktik
M. W. Tausch 38

Forum

Messwerterfassung in Schülerexperimenten
F. Liebner 39

Magazin

Berichte/Bücher 46
Vorschau/Impressum 50



Praxis der Naturwissenschaften Chemie in der Schule
erscheint im Aulis Verlag

Online Ergänzungen

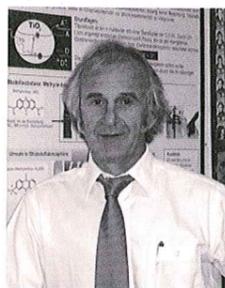
www.aulis.de

www.aulis.de

www.aulis.de

Z213034

Schulexperimente im Wandel



M. W. Tausch

Schneller, sicherer, kostengünstiger – sind das die Merkmale, die ein „neues“ Schulexperiment von einem „alten“ unterscheiden? Ja, aber es sind weder die einzigen noch uneingeschränkt die wichtigsten. Die didaktische Prägnanz der Versuchsbeobachtungen in Bezug auf das angestrebte theoretische Konzept sollte bei einem „neuen“ Experiment möglichst noch deutlicher zum Ausdruck kommen als bei dem „alten“ Versuch. Anderenfalls ist sein (Mehr)Wert für die Lehre zweifelhaft.

Wenn in diesem Heft von Schulexperimenten im Wandel die Rede ist, sind in erster Linie nicht Experimente zu neuen Inhalten des Chemieunterrichts, sondern vielmehr Klassiker wie der Springbrunnenversuch gemeint. Dieses Experiment hat sich in den letzten Jahrzehnten so grundlegend verändert, dass ihm hier sogar zwei Beiträge gewidmet werden: Waltraud Habelitz-Tkotz und Jan Hörnig beschreiben in ihrem Übersichtsartikel 11 Varianten dieses Versuchs und dokumentieren damit ein Stück Geschichte des Experimentalunterrichts an deutschen Schulen von 1955 bis heute. Der Wandel dieses Experiments von einer Variante mit Auffangen des Gases über Quecksilber bis hin zur Variante mit medizintechnischem Gerät ist auch für viele andere Schulversuche bezeichnend. Als einen ihrer beiden Favoriten schlagen sie daher die Variante des Springbrunnenversuchs nach der Methode von Theo Grofe und Bernd-H. Brand vor. Diese Variante liefern wir unsern Lesern aus erster Hand im Beitrag dieser beiden Autoren. In ihren Online-Ergänzungen gehen W. Habelitz-Tkotz und J. Hörnig auf den didaktischen Stellenwert der Springbrunnenversuche bei der Erschließung von Säure-Base Konzepten und auf Schüler-

fehlvorstellungen in Verbindung mit diesem Experiment ein.

Der Beitrag von Nora Hantschel umfasst alte und neue Varianten bekannter Experimente mit Alkalimetallen, die Reaktion eines Alkalimetalls mit Wasser und die Flammenfärbung durch Alkalimetallsalze. Sie schlägt Vereinfachungen vor, durch die diese Versuche sicherer und kostengünstiger werden.

Das reale, authentische Experiment, ganz gleich ob als Schüler- oder Lehrerversuch, ist und bleibt die tragende Säule des Chemieunterrichts. Dennoch werden einige klassische Schulexperimente zunehmend durch Modellexperimente, Video-Clips und/oder interaktive, virtuelle Experimente ergänzt oder sogar ersetzt. In diesem Sinne ist das Ergänzen immer gut, das Ersetzen sollte aber nur dort erfolgen, wo die Kosten wirklich zu hoch, die Versuchsdauer wirklich zu lang oder die Sicherheit wirklich gefährdet ist.

Christian Herdt stellt in seinem Beitrag ergänzende Modelle zu Schlüsselerperimenten des Chemieunterrichts vor. Die im Beitrag ausgewählten Experimente sind Teil einer Loseblatt-Sammlung, in der 11 Bayrische Fachleiter über 350 Versuchsanleitungen, darunter auch die oben bereits erwähnten, erfasst und haben. Der Autor diskutiert an diesen Beispielen die Vor- und Nachteile verschiedener Modelle (Computersimulationen, Teilchenmodelle aus Holz, Styropor etc.) bei der didaktischen Herangehensweise von der Ebene der sinnlich wahrnehmbaren Phänomene aus Experimenten auf die hypothetische Ebene der Erklärungen mit submikroskopischen Teilchen.

Rebecca Heimann, Sabine Bortlik, Günther Harsch und Andreas Liedel gehen in ihrem Beitrag auf eine prinzipielle Frage ein, die sich bei vielen Schulexperimenten

aufgrund der verschärften Sicherheitsbestimmungen stellt: Es geht um die Substitution gefährlicher Chemikalien durch weniger gefährliche. Sie erörtern diese Frage am Beispiel der Oxidationsreagentien für organische Verbindungen Kaliumdichromat und Kaliumpermanganat. In einigen (nicht allen) Fällen kann ein altbekanntes Oxidationsexperiment mit Kaliumpermanganat durchgeführt werden, ohne an didaktischer Prägnanz einzubüßen.

Matthias Ducci und Stefan Zahonc experimentieren mit Lebensmittelfarbstoffen, die (noch) nicht auf der roten Liste stehen. Ihre Versuche mit Azorubin & Co. aus Getränken und Süßwaren stellen in doppeltem Sinne einen Wandel bei Schulexperimenten dar: Die Autoren nutzen die Fluoreszenz als innovative Methode zur Detektion bestimmter Verbindungen und sie führen erstmalig reduktive Abbaureaktionen (nicht wie bisher Synthesen und/oder Protolysen) von Azofarbstoffen als Schulversuche durch.

Brigitte Duvinage, David Harmsen, Andreas Lendlein, Michael Schroeter und Patrick Scheffler bereichern das Repertoire der Schulexperimente mit makromolekularen Verbindungen durch neue Experimente zur Hydrolyse von Polymilchsäure, einem bioabbaubaren Kunststoff.

Was wären Schulexperimente ohne eine sinnvolle didaktische Aus- und Verwertung wert? Kurt Haim zeigt in seinem Beitrag, dass sich auch diesbezüglich ein permanenter Wandel vollzieht. Mit der KLEx Methode stellt er eine neue Variante forschend entwickelnden Lernens auf der Basis von Experimenten vor.

Allen Autorinnen und Autoren sei für ihr Engagement bei der Entstehung dieses Heftes gedankt.

Der Springbrunnenversuch im Wandel der Zeit

W. Habelitz-Tkotz und J. Hörnig

Kaum ein anderes Schulexperiment ist so populär wie der Springbrunnenversuch in seinen unterschiedlichsten Varianten. Dieser Beitrag liefert einen umfassenden Überblick, der exemplarisch auch die Entwicklung der Experimentiertechnik von 1955 bis heute widerspiegelt.

Stichwörter: Salzsäure-, Ammoniak-, Wasserdampf- und Ethin-Springbrunnen

1 Einleitung

Zu den Klassikern der Schulexperimente gehört ohne Zweifel der so genannte Springbrunnenversuch, der seinen Einsatz in den Unterrichtsstunden meist als „Ammoniak-Springbrunnen“ oder als „Salzsäure-Springbrunnen“ zu Beginn des Lehrplankapitels „Säure-Base-Reaktionen als Protonenübergänge“ findet. Im Laufe der Zeit hat sich die Durchführung dieses Experiments stetig gewandelt, so dass man in der Literatur heute zahlreiche Varianten findet, die sich z. B. bezüglich der Art der Durchführung oder der

zu erreichenden Lernziele unterscheiden (vgl. auch Beitrag von Brand u. Th. Grofe in diesem Heft). Ein erster Blick auf die Thematik lässt erkennen, dass in den letzten Jahren gehäuft Anleitungen für Springbrunnen-Schülerexperimente veröffentlicht wurden. Allein diese Tatsache verdeutlicht den Wandel dieses klassischen Schulexperiments, der sich natürlich noch in zahlreichen weiteren Punkten ausdrückt, die im Folgenden genauer untersucht werden sollen.

2 Variationen zum Springbrunnenversuch

Zu den eher unbekannteren Varianten der klassischen Springbrunnenversuche

gehören z. B. der Wasserdampf-Springbrunnen [1 a, 1 b] und der Ethin-Springbrunnen [2 a, 2 b]. Anhand dieser beiden Beispiele zeigt sich, dass nicht nur im Bereich der Protonenübergänge, sondern auch in anderen Themenbereichen des Lehrplans Springbrunnenversuche ihren Einsatz finden können.

Beim Wasserdampf-Springbrunnen wird durch Kondensation von vorher erzeugtem Wasserdampf in einem Kolben oder Reagenzglas ein Unterdruck erzeugt, der ausschließlich auf einer Aggregatzustandsänderung von Wasser beruht. Die unter [1a] im Detail beschriebene Versuchsdurchführung (Abb. 1) ermöglicht zusätzlich die Demonstration der Ver-

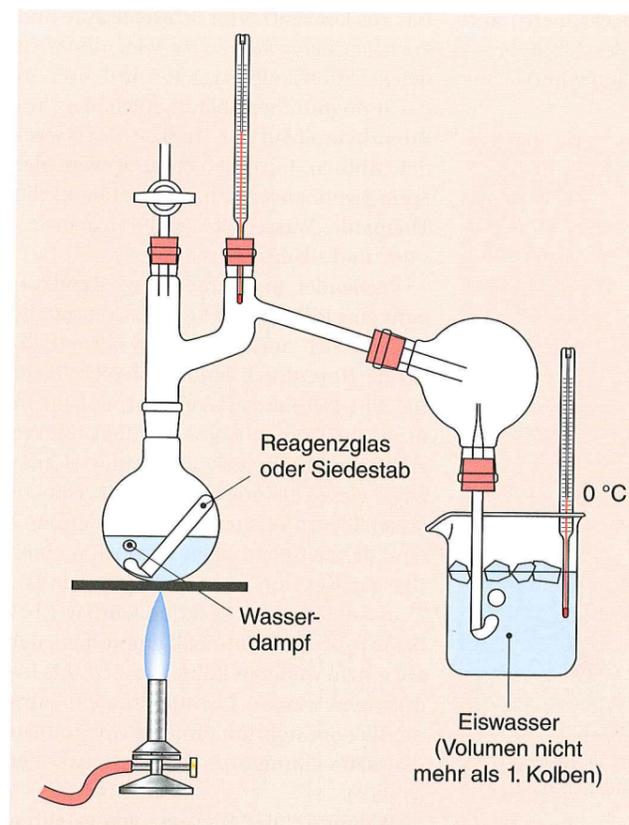


Abb. 1: Wasserdampf-Springbrunnen (genaue Beschreibung in [1 a])

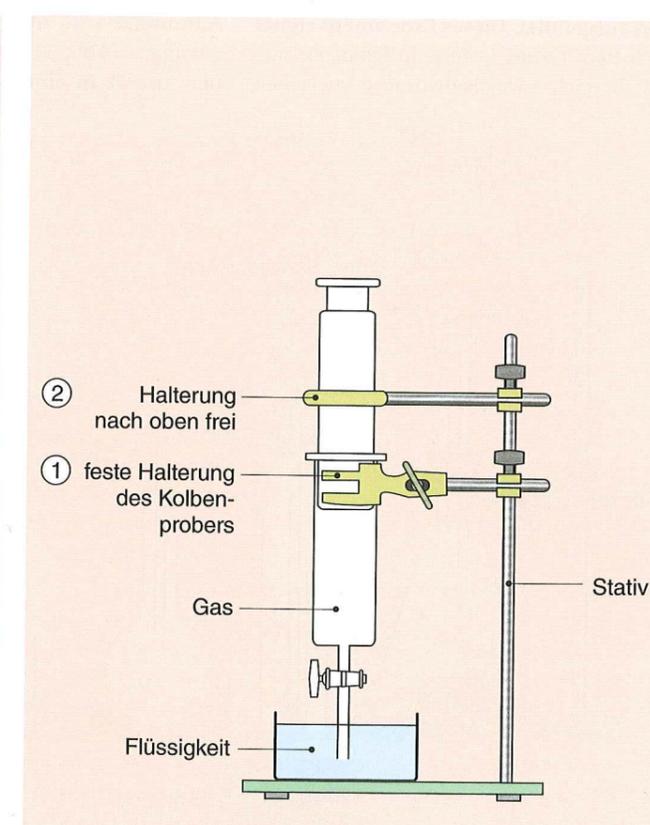


Abb. 2: Ethin-Springbrunnen (nach [2b])

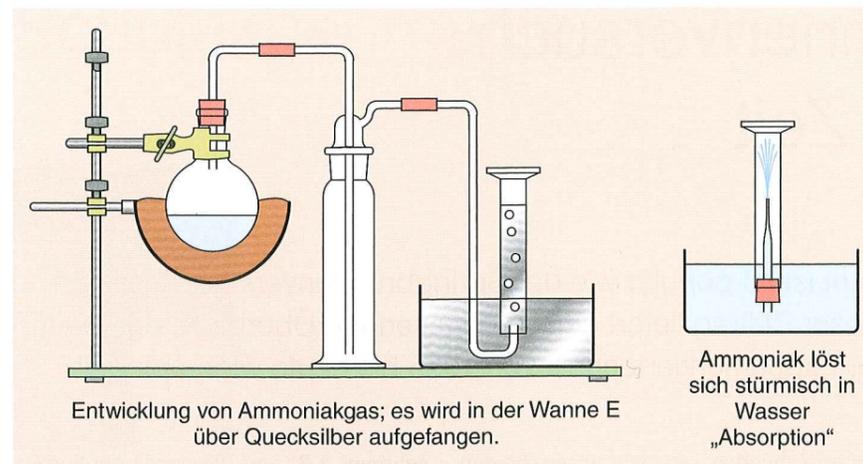


Abb. 3: Historischer Ammoniak-Springbrunnen nach [3]

dampfungswärme und die Druckabhängigkeit der Siedetemperatur. Als Schülerexperiment kann auch eine vereinfachte Variante des Wasserdampf-Springbrunnens nach V. Obendrauf durchgeführt werden, bei der ein Reagenzglas mit Wasserdampf gefüllt und anschließend durch einen mit einer Kanüle durchbohrten Stopfen verschlossen wird. Auf die Kanüle wird eine wassergefüllte Spritze aufgesetzt. Die genaue Versuchsdurchführung ist unter [1b] beschrieben.

Bei dem von G. Latzel vorgeschlagenen Ethin-Springbrunnen (Abb. 2) wird die gute Löslichkeit des Gases Ethin in Aceton ausgenutzt. Dieses Experiment eignet sich damit zum unterrichtlichen Einsatz im Bereich „Wechselwirkung zwischen

Molekülen“. In diversen weiteren Quellen wird der rein auf Lösungsphänomene bezogene Springbrunnen auch mit Methan bzw. Butan und Benzin beschrieben.

Die folgenden Springbrunnenvarianten sind alle in den Bereich Salzsäure-Springbrunnen oder Ammoniak-Springbrunnen einzuordnen. Eine der ersten uns zugänglichen Anleitungen zu diesen Versuchen findet sich in dem Schulbuch „Chemie für Mädchen“ [3]. Aus sicherheitsrechtlichen Gründen ist diese sogar als Schülerversuch beschriebene Variante heute unzulässig: Das aus Ammoniumchlorid und Calciumhydroxid hergestellte Ammoniak wird über Quecksilber(!) aufgefangen (Abb. 3) und der Springbrunnen erfolgt in einem Standzylinder aus

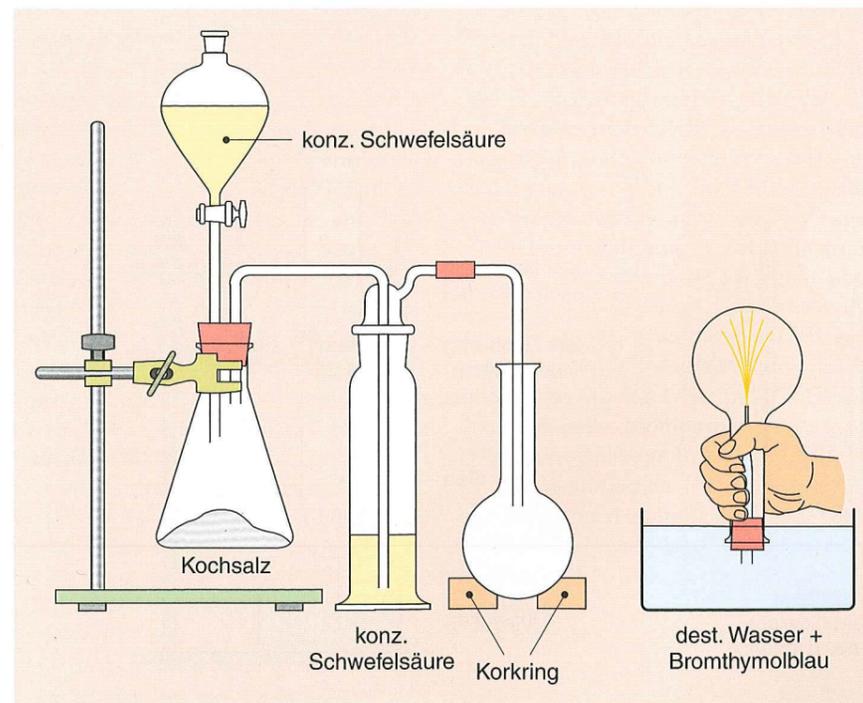


Abb. 4: Salzsäure-Springbrunnen nach [4]

Glas mit flachem Boden. Ein Einbezug der Säure-Base-Theorie nach Brönsted findet nicht statt.

Im Laufe der letzten 60 Jahre verändern sich die Versuchsanleitungen und sicherheitsrelevante Gesichtspunkte kamen stärker zum Tragen. Es wurde aber auch verstärkt Wert auf eine große Anschaulichkeit gelegt. Botsch und Höfling [4] beschreiben den Salzsäure-Springbrunnen und führen diesen in einem Rundkolben durch. Ein Ansatzstück verbindet den Rundkolben mit einer Glaswanne, die mit Bromthymolblau angefarbtes Wasser enthält. Wasserstoffchlorid wird durch Auftropfen von konzentrierter Schwefelsäure auf Kochsalz hergestellt und anschließend in einer Waschflasche mit konzentrierter Schwefelsäure getrocknet. Der Versuch soll den Schülerinnen und Schülern die gute Löslichkeit von Wasserstoffchlorid in Wasser verdeutlichen, wobei Salzsäure entsteht (Abb. 4). Im Anschluss folgen Versuche, die nachweisen sollen, dass tatsächlich Salzsäure entstanden ist. Die elektrolytische Dissoziation wird nur kurz erwähnt, eine Anbindung an die Säure-Base-Theorie nach Brönsted erfolgt nicht!

Dass der Salzsäure-Springbrunnenversuch auch ohne Trocknung des Wasserstoffchlorids funktioniert, beschreiben u.a. Tausch und von Wachtendonk [5]. Das aus konzentrierter Schwefelsäure und Kochsalz hergestellte Gas wird direkt in den Reaktionskolben geleitet, in dem dann der Springbrunnen abläuft. Auch hier wird Bromthymolblau als Indikator verwendet (Abb. 5). In dieser Variante dient der Springbrunnenversuch als Einstieg in die Thematik „Wasser als Reaktionspartner, saure und alkalische Lösungen“.

Verwendet man statt eines Rundkolbens eine PET-Flasche als Reaktionsgefäß, so lässt sich auf diese Weise der entstehende Unterdruck eindrucksvoll zeigen: Die PET-Flasche zerknautscht, sobald in diese ein Tropfen Wasser gelangt. Blume stellt diesen Versuch auf seiner Homepage vor [6a]. Auch Sicherheitsaspekte lassen diesen Versuch interessant erscheinen, da die Gefahr einer Implosion eines Glasgefäßes nun nicht mehr gegeben ist. Zum Anblasen der Reaktion wird, wie bei Baars [6b] ein Gummiball empfohlen, der auf einem weiteren Röhrchen sitzt. Als Indikatoren werden Phenolphthalein (Ammoniak-Springbrunnen) und Thymolblau (Salzsäure-Springbrunnen) verwendet (Abb. 6).

Während die bislang vorgestellten Versuchsvarianten im Makromaßstab

und damit wohl meistens als Lehrerdemonstrationsexperimente durchgeführt wurden, lässt sich in den letzten Jahren, bedingt durch das Bemühen um eine stärkere Handlungsorientierung, den Einsatz von Alltagschemikalien und die Umsetzung verschärfter Sicherheitsrichtlinien ein starker Trend hin zu einer Minimalisierung erkennen. Die Reaktionsgefäße für den Springbrunnenversuch werden kleiner, was natürlich zugleich zum Einsatz reduzierter Chemikalienmengen führt. Auf diese Weise wird das Gefahrenpotenzial verringert, eine Durchführung als Schülerexperiment wird möglich. Die Durchführung des Ammoniak-Springbrunnenexperimentes als Schülerversuch im Reagenzglas unter Verwendung von Rotkraut-Extrakt als Indikator wird u.a. von Schmidkunz [7] beschrieben (Abb. 7). Varianten dazu finden sich auch in älteren Experimentieranleitungen der Chemiekästen des Kosmos-Verlages.

Hauschild et al. [8] haben in einem Arbeitsheft für Schülerübungen einen interessanten Versuchsaufbau vorgeschlagen, den wir, angepasst und verändert, ebenfalls in diesem Artikel vorstellen werden (vgl. Online-Material 3 oder [1b, 3. Auflage]). Der neue Aspekt dieses Versuchs ist nicht nur der Halbmikromaßstab, sondern die Vereinfachung hin zu einer Versuchsdurchführung in einem

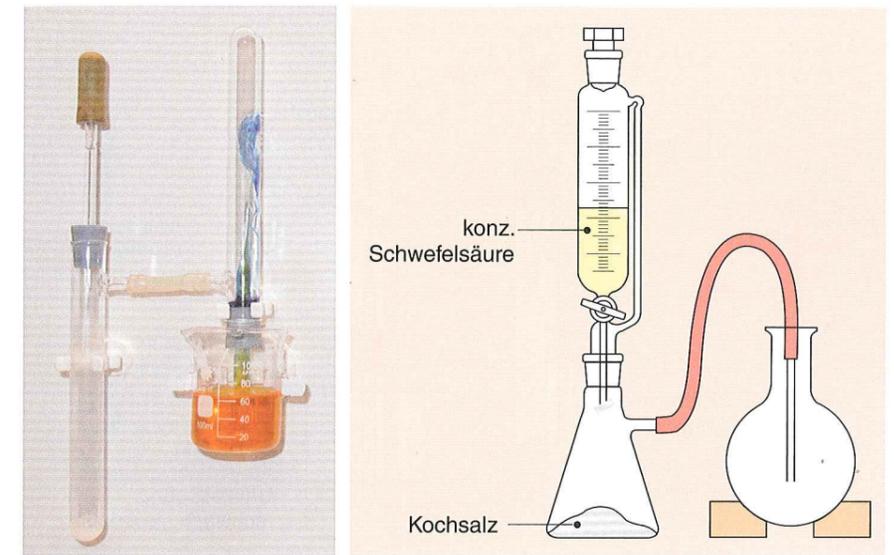


Abb. 5: Atemwegsfriendlyer Springbrunnenversuch

einigen System. Während bislang alle beschriebenen Versuche von zwei getrennten Reaktionssystemen ausgingen (System 1: Entwicklung des Gases, System 2: Springbrunnen-Apparatur), findet sich hier ein in einer Apparatur kombiniertes Reaktionssystem für Gasentwicklung und Springbrunnen. Hierbei tropft man etwas Wasser in ein Reagenzglas, das ein Natriumhydroxid-Plättchen und einen Spatel Ammoniumchlorid enthält. Das entstehende Ammoniakgas gelangt über ein

Verbindungsstück direkt zu einem weiteren Reagenzglas, in dem der Springbrunnen abläuft. Zur Veranschaulichung und Erläuterung der Säure-Base-Reaktion wird Universalindikator verwendet. Die Schülerinnen und Schüler sollen diesen Versuchsaufbau übernehmen, den Versuch also als Schülerversuch durchführen und ihre Beobachtungen und Schlussfolgerungen notieren (Abb. 8).

Abbildung 9 zeigt uns eine Alternative von Flint et al. [9]. Als Edukte zur Ammo-

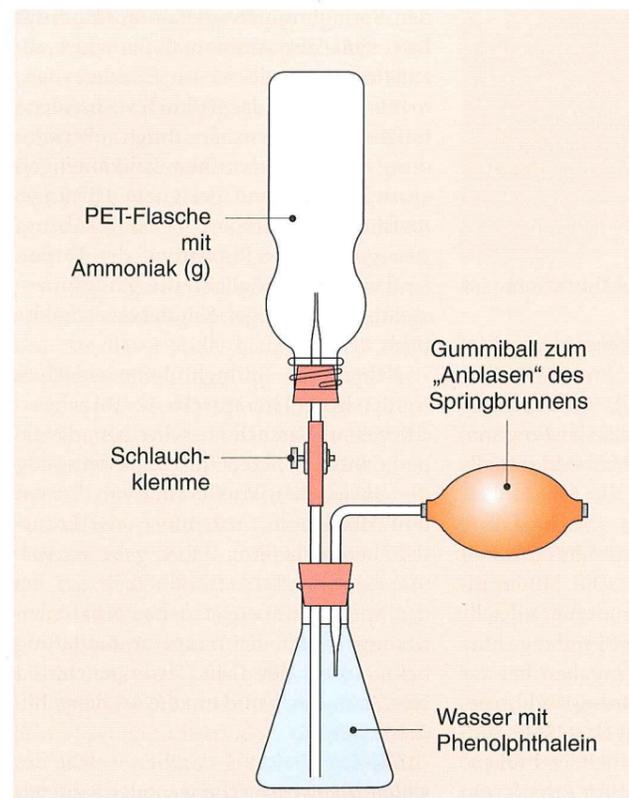


Abb. 6: Salzsäure-Springbrunnen nach [6a]

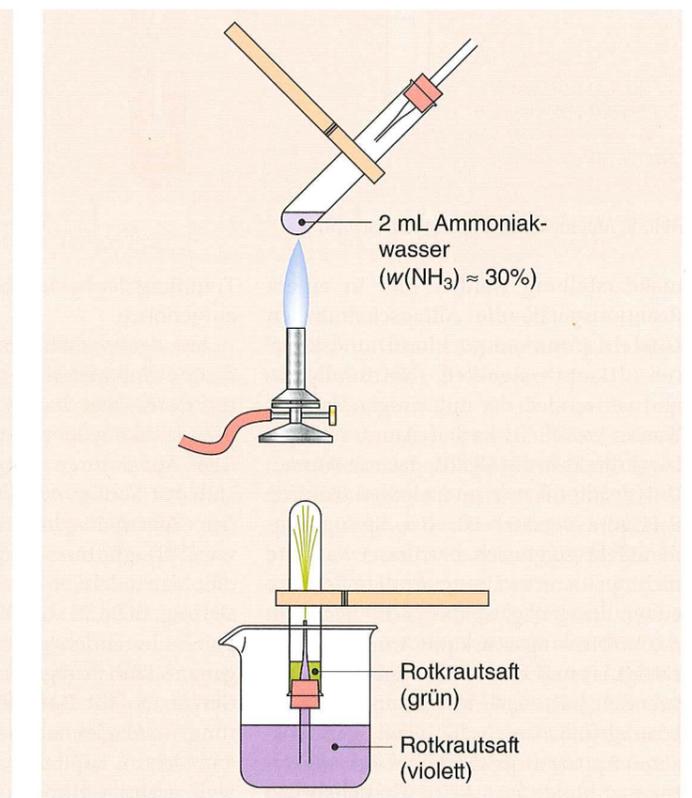


Abb. 7: Ammoniak-Springbrunnen nach [7]

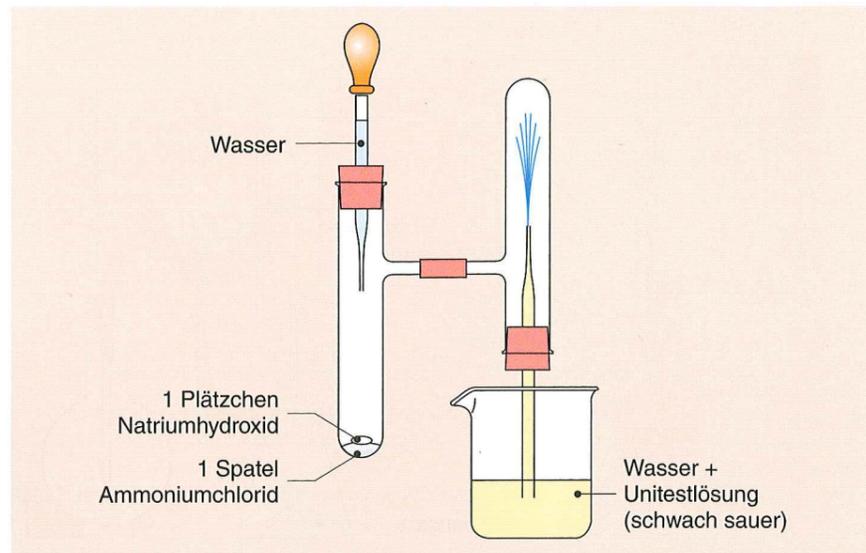


Abb. 8: Ammoniak-Springbrunnen nach [8]

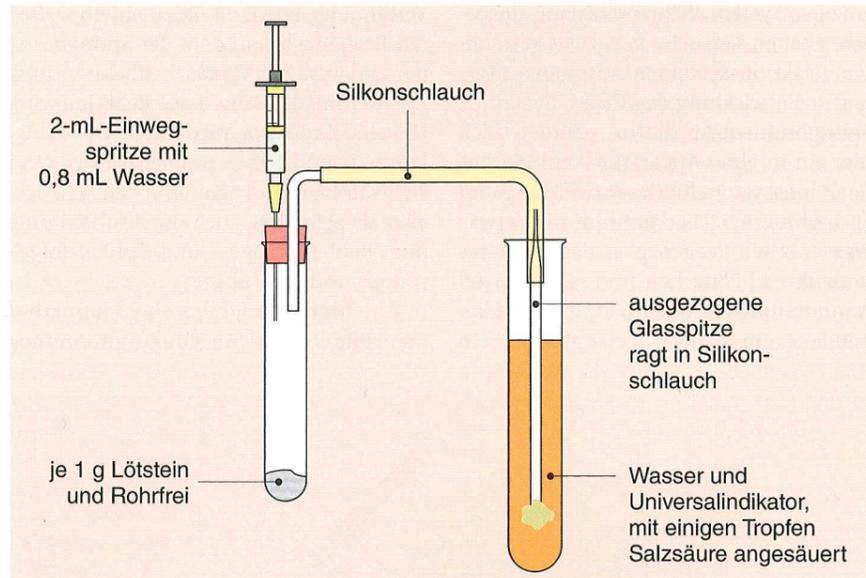


Abb. 9: Ammoniak-Springbrunnen nach [9]

niakdarstellung werden hier in einem Reaktionsgefäß die Alltagschemikalien Lötstein (Ammoniumchlorid) und Rohrfrei (Hauptbestandteil Natriumhydroxid) verwendet, die mit einigen Tropfen Wasser versehen werden. Ammoniak gelangt direkt in ein Gefäß, das mit Wasser, Universalindikator und einigen Tropfen Salzsäure versetzt ist. Der Springbrunneneffekt zeigt sich bei dieser Variante nicht in dem zweiten, sondern in dem ersten Reagenzglas, das sich, nachdem das Verbindungsstück mit Ammoniak gesättigt ist und die Gasentwicklung nachgelassen hat, rasch mit der nun blauen Lösung füllt. Durch die quasi „geschlossene“ Apparatur tritt wie bei der Apparatur in Abbildung 8 keine Geruchsbelästigung durch Ammoniak auf. Die klare

Trennung der beiden Reaktionsräume ist aufgehoben.

Mit dem verstärkten Einsatz von Medizintechnikmaterialien im Unterricht u. a. durch Obendrauf, Full, Menzel, Grofe, Brand und van Borstel stehen kostengünstige Apparaturen im Halb-Mikromaßstab zur Verfügung, die die Möglichkeit der sicherheitsgerechten Durchführung von Springbrunnen-Experimenten durch die Lernenden eröffnen. Die Miniaturisierung, die z. B. von Obendrauf [10] sehr präzise beschrieben wurde, verlangt eine genaue Einhaltung der Vorgaben bei der Geräteauswahl, Durchführung und Dosierung. Im Akademiebericht Nr. 475 [1 b] finden sich im Kapitel 2 „Arbeitstechniken“ viele wichtige Hinweise zum Arbeiten in Microscale-Technik, in Kapitel 12 findet

sich eine Variante des Ammoniak-Springbrunnens in Spritzentechnik nach Obendrauf. Wie bei den Makrovarianten ist auch hier das Gasentwickler-System von der Springbrunnenapparatur getrennt. Durch die Verwendung von Aktivkohle-Adsorptionsröhrchen und den Einsatz geringer Stoffmengen, wird die Geruchsbelästigung durch die entwickelten Gase minimiert. Da die Versuchsapparaturen ohne Stativ manipuliert werden, können diese zeitsparend (maximale Versuchsdauer 5 Minuten!) auch als Lehrerdemonstrationsexperimente eingesetzt werden, da der Lehrer sich mit der Versuchsapparatur direkt in die Klasse hineinbewegen kann (Abb. 10 a + b).

Schwarz u. a. entwickeln die Microscale-Technik im Low-Cost-Bereich auch für den Springbrunnenversuch mit Wasserstoffchlorid- und Ammoniakgas weiter [11 a, 11 b]. Durch den Einsatz von Ampullenflaschen lassen sich die eingesetzten Chemikalienmengen auf ca. $\frac{1}{4}$ der Mengen, die in den Spritzenversuchen verwendet wurden, reduzieren. Auch hier sind Gasentwicklung und Springbrunnen-Experiment räumlich voneinander getrennt. Auf den Einsatz von Aktivkohle-Adsorptionsröhrchen, die den Austritt der reizenden Gase minimieren, wird auf Grund der geringen Mengen verzichtet, die Lernenden werden sogar explizit aufgefordert, den „Füllstand“ der Ampullenflasche für den Springbrunnenversuch an Hand der Intensität des Ammoniak-Geruches abzuleiten. Hier gilt es im Schülerexperiment sicherlich, das dadurch vorhandene Gefährdungspotenzial durch Verwendung geringster Chemikalienmengen einzudämmen (offenes Fenster, Abzug) zu ergreifen. Die Robustheit der Ampullenflaschen ermöglicht die Zusammenstellung langlebiger Schülerversuchskits (Abb. 11).

Neben den Springbrunnenversuchen werden in der Literatur [1b, 12–16] zahlreiche weitere Versuche beschrieben, die experimentelle Fakten für die Erweiterung der Boyle'schen Vorstellung von Säuren und Alkalien zur Arrhenius- oder Brønsted-Theorie liefern. Dabei geht es u. a. um die elektrische Leitfähigkeit der bei den Springbrunnenversuchen erhaltenen Lösungen, um die Temperaturänderung beim Lösen der Gase Hydrogenchlorid bzw. Ammoniak und um die Art der gebildeten Ionen.

Die Entscheidung darüber, welche der vielen hier beschriebenen oder weiteren Varianten des Springbrunnenversuchs

eingesetzt werden soll, bleibt letztlich der Lehrerin oder dem Lehrer überlassen. Dabei sollte man sich von folgenden Überlegungen leiten lassen: a) Demonstrations-/Schülerexperiment, b) Makro-/Halb-Mikromaßstab, c) Komplexität des Versuchsaufbaus, d) Visualisierung (Projektion, Indikator), e) Zuverlässigkeit des Gelingens, f) Alltags-/Laborchemikalien, g) Sicherheitsvorkehrungen, h) Zeitbedarf, i) Lernziele, j) didaktischer Ort im Stundenverlauf.

Ein aus unserer Sicht bezüglich des sicherheitsgerechten Einsatzes sowohl als Lehrer- als auch als Schülerexperiment besonders geeigneter Versuchsaufbau ist die von Hauschild et al. [8] vorgeschlagene Variante. Zur Verkürzung der Durchführungszeit empfiehlt es sich möglichst kurze Schlauchstücke einzusetzen und ein möglichst großvolumiges Spitzrohr für die Springbrunnenapparatur zu verwenden. Eine Durchführung im Abzug ist auf Grund der Kopplung von Gasentwicklung und Springbrunnen und der vergleichsweise geringen notwendigen Chemikalienmengen nicht notwendig. Für eine optimale Präsentation schlagen wir die Verwendung eines Magnettafel-systems nach Grofe und Brand vor (vgl. dazu Beitrag von Grofe und Brand in diesem Heft).

3 Lernziele rund um den Springbrunnenversuch

Betrachtet man die beschriebenen Versuchsvarianten, so lassen sich beim Wasserdampf-, beim Ethin- und bei den Protolyse-Springbrunnen unterschiedliche Gründe für die Entstehung des Unterdrucks finden. Der Wasserdampf-Springbrunnen lässt sich schon im einführenden Chemieunterricht zur Besprechung von Aggregatzustandsänderungen und zur Ausschärfung des Gasbegriffes einsetzen. An dieser Stelle bietet es sich auch an, Fehlvorstellungen zur Zusammensetzung von Wasserdampf wie „Wasserdampf besteht aus Wasserstoff und Sauerstoff“, „Wasserdampf enthält Luft“, ... aufzugreifen und durch das Skizzieren von Modellvorstellungen auf der Teilchenebene zu diagnostizieren bzw. zu bearbeiten. Auch der Begriff „Unterdruck“, kann aus mehreren Sichtweisen (System/Umgebung) gewinnbringend für den Folgeunterricht schon an dieser Stelle betrachtet werden. Im nächsten Lernschritt wird mit dem Ethin-Springbrunnen die Löslichkeit eines Gases in einem Lösemittel thematisiert. Dabei muss deutlich herausgestellt werden, dass es sich beim Lösen um einen

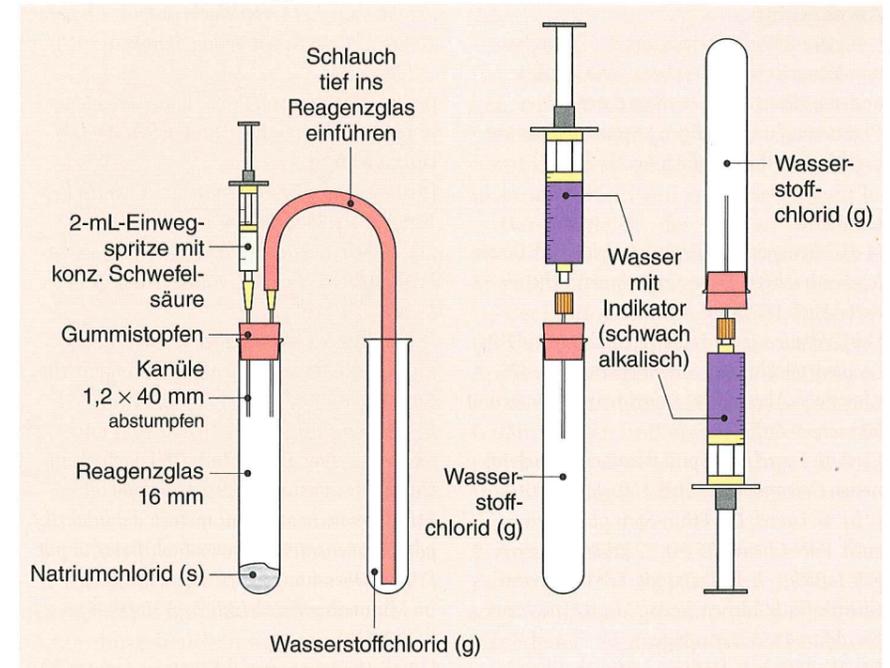


Abb. 10: Ammoniak-Springbrunnen nach [10]

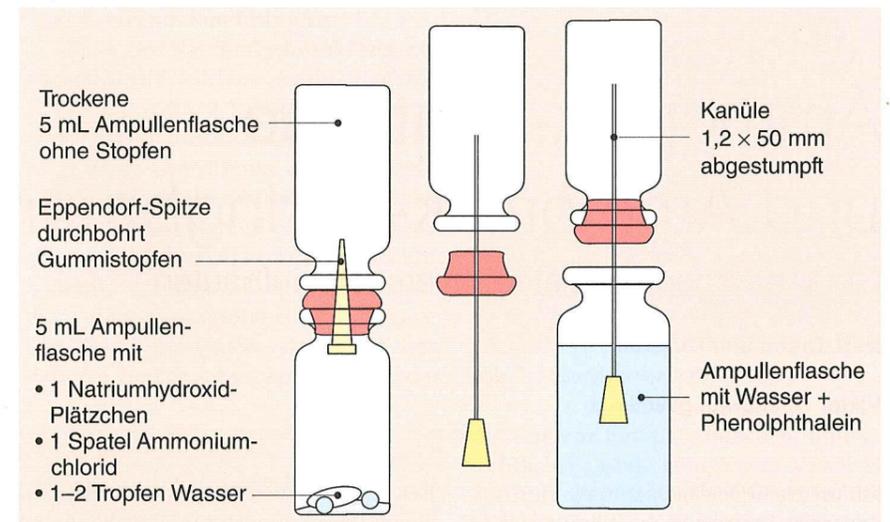


Abb. 11: Ammoniak-Springbrunnen nach [11]

Vorgang handelt, bei dem die Teilchen sich nicht (deutlich) verändern. Auch hier bietet es sich erneut an, modellhafte Schülerskizzen zu den Verhältnissen auf Teilchenebene anfertigen zu lassen und diese im Hinblick auf diagnostizierte Fehlvorstellungen wie „Lösemittel (Kontinuum) umhüllt Teilchen des Lösestoffes (Diskontinuum)“, „Lösemittel zerstört Lösestoff“, „Eigenschaften des Lösestoffes werden auf Lösemittel übertragen“, usw. zu bearbeiten. Erst danach besitzen die Lernenden die nötigen Voraussetzungen, um die Protolyse-Springbrunnen angemessen interpretieren zu können. Ein Arbeitsblatt mit dessen Hilfe die Schülervorstellungen zur Deutung des Wasserstoffchlorid-

Springbrunnens festgestellt werden können, findet sich als Kopiervorlage in der Online-Ergänzung 1 zu diesem Beitrag. Darin sind auch die in drei 9. Klassen eines naturwissenschaftlich-technischen Gymnasiums in Bayern festgestellten Fehlvorstellungen bei der Deutung des Springbrunnenversuchs zusammengefasst. In der Online-Ergänzung 2 wird eine grundsätzliche Abhandlung zur Bedeutung des Springbrunnen-Experiments im Kontext der verschiedenen Säure-Base-Theorien angeboten. In Online-Ergänzung 3 findet sich eine detaillierte Versuchsanleitung zur Durchführung des Springbrunnenexperiments in einer quasi geschlossenen Apparatur [8; 1b 3. Auflage]

Anmerkung

¹ Die didaktische Verwertung des Springbrunnen-Versuchs wird hier ebenso wie in allen anderen zitierten Lehrwerken durch seine Platzierung im jeweiligen Lehrgang bestimmt (vgl. dazu Online-Ergänzung 2).

Literatur:

- [1 a] Homepage „Experimentalchemie“: Download unter: <http://www.experimentalchemie.de/versuch-095.htm>
- [1 b] Akademie für Lehrerfortbildung und Personalentwicklung, Akademiebericht Nr. 475, Chemie? – Aber sicher! Experimente kennen und können, 2. Aufl. (2012)
- [2 a] G. Latzel, Der Springbrunnenversuch im neuen Gewand. PdN-ChiS 1/49. Jg. (2000)
- [2 b] G. Latzel, Der Ethin-Springbrunnenversuch. PdN-Chemie 35 (4), 32 (1986)
- [3] J. Bieber, E. Halberstadt, T. Wältermann, Chemie für Mädchen, Verlag Moritz Diesterweg, Frankfurt 1955, 2. Auflage, S. 23
- [4] W. Botsch, E. Höfling, J. Mauch, Chemie in Versuch, Theorie und Übung, Verlag Moritz Diesterweg – Otto Salle, Frankfurt 1977, S. 80

- [5] M. Tausch, M. von Wachtendonk, Chemie 2000+, C. C. Buchners Verlag, Bamberg 2010, S. 170
- [6 a] Homepage von Prof. Blume; download unter http://www.chemieunterricht.de/dc2/tip/11_01.htm
- [6 b] G. Baars, Grundkenntnisse Chemie, hep-Verlag, Bern 2008, S. 144
- [7] H. Schmidkunz, W. Rentsch; Chemische Freihandversuche Bd. 1, Aulis-Verlag, 2011 S. 249
- [8] G. Hauschild, E. Heinze, G. Meyendorf, Chemie-Schülerexperimente 1 – Anorganische Chemie, Volk und Wissen Verlag, Berlin 1992
- [9] Chemie fürs Leben – Zitronensaft und „Rohrfrei“, Prof. Dr. A. Flint; Dr. J. Freienberg; Universität Rostock S. 38 f; download unter: <http://www.chemie1.uni-rostock.de/didaktik/pdf/Zitronensaft%20und%20Rohrfrei%20I.pdf>
- [10] V. Obendrauf, Experimente mit Gasen im Minimalmaßstab ChiuZ Jg. 30 (1996), S. 118-125
- [11 a] Homepage von P. Schwarz; Ammoniak-Springbrunnen, download unter <http://www.micreol.de/was7.html>

- [11 b] Homepage von P. Schwarz; Chlorwasserstoff-Springbrunnen, download unter <http://www.micreol.de/was4.html>
- [12] Häusler, Rampf, Reichelt, Experimente für den Chemieunterricht, Oldenbourg Schulbuchverlag, München, 2. Auflage, 1995, S. 112 f
- [13] R. Pauli, Projektions-Chemie, Lehrmittelbau Prof. Dr. Maey, Bonn 1978, S. 57
- [14] N.-H. Zhou, Experimente mit der wellplate 6, Naturwissenschaft im Unterricht Chemie, 15. Jg. (2004), Nr. 81, S. 20 f
- [15] R. Full, W. Ruf, Chemische Experimente im kleinen Maßstab, Akademiebericht 426, 2007, S. 71
- [16] K. Freytag, V. Scharf, E. Thomas, Handbuch des Chemieunterrichts (Sekundarbereich I) Band 4/II Säuren – Basen/Laugen, Aulis-Verlag Deubner, Köln 2008, S. 106 ff

Anschrift der Verfasser

StD Waltraud Habelitz-Tkotz, StR Dr. Jan Hörnig, Emil-von-Behring-Gymnasium, Buckenhofer Straße 5, 91080 Spardorf, E-Mail: habelitz-tkotz@online.de und jan.hoernig@gmx.de

Ammoniak-Synthese und Ammoniak-Springbrunnen

Gefährdungspotenzial und Versuchsaufbauten

B.-H. Brand und Th. Grofe

Viktor Obendrauf gewidmet

Stichwörter: Gefährdungspotenzial, Ammoniak-Springbrunnen, Medizintechnik, Magnettafelsysteme

1 Einführung

In den letzten Jahren hat sich die Verwendung medizintechnischer Produkte bei der Durchführung von chemischen Experimenten immer stärker durchgesetzt. Diese bieten neben minimalen Kosten, großer Flexibilität und Minimierung von Gefährdungen eine Fülle von Vorteilen. Sie können hervorragend mit dem üblichen Laborgerät kombiniert werden, dieses mitunter ganz ersetzen und bieten sich sowohl bei der Durchführung von Schülerübungen als auch bei der Vorführung von Demonstrationsexperimenten an. Der Einsatz unter Verwendung von Magneten und Federklammern, farbigen Hintergründen und einer Video-Kamera an gro-

ßen sowie kleinen Magnettafeln führt zu einem Variantenreichtum, der chemische Experimente optimiert: Der Mix macht's.

2 Gefährdungen beim Experimentieren

Der Sicherheitsaspekt nahm in der Vergangenheit einen anderen Stellenwert ein als heute. Die derzeitige Gefährdungsbeurteilung gewährleistet die gute Beachtung von Gefahren im Umgang mit Gefahrstoffen, fordert jedoch vom Experimentierenden stellenweise einen übertriebenen Verwaltungsaufwand, sodass mitunter auf die Durchführung von Experimenten leider ganz verzichtet wird.

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf „Heimexperimente“. [1, S. 12] „Chemische Experimente sollen nie in bewohnten Räumen ausgeführt werden. Unangenehm riechende und zerstörend wirkende Dämpfe und Gase sind bei che-

mischen Arbeiten nicht immer zu vermeiden, und nur zu bald dürften Angehörige und Nachbarschaft mit dem jungen Chemiker zu unliebsamen Meinungsverschiedenheiten gelangen, die ihm sehr bald alle Freude am Experimentieren verleiden.“

2.1 Darstellung von Ammoniak (Salmiakgeist) – historische Vorschrift (Abb. 1)

Vgl. auch Beitrag von W. Habelitz-Tkotz und J. Hörnig in diesem Heft

Gebrannter Kalk wird durch Besprengen mit Wasser zu einem trockenen Pulver gelöscht (Vorsicht, dass hierbei die Augen nicht von umherfliegenden Kalkteilchen getroffen werden!), hiervon 100 g mit 50 g Salmiak in eine Kochflasche gebracht und so viel Wasser unter Umschütteln zugegeben, dass ein dünner Brei entsteht. Die Kochflasche ist mit Trichterröhre und rechtwinklig gebogenem Gasableitungsrohr versehen

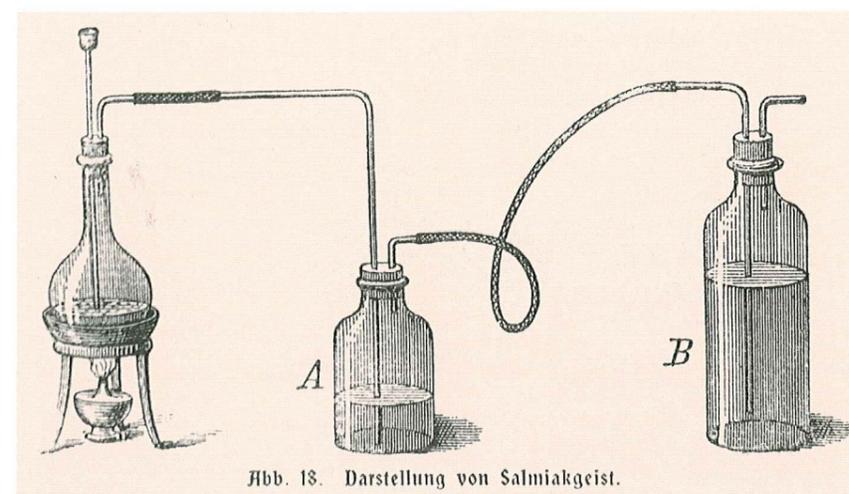


Abb. 18. Darstellung von Salmiakgeist.

Abb. 1: Darstellung von Ammoniak [1]

und steht mit den Wasch- und Absorptionsflaschen A und B durch Stücke Kautschukschlauch in Verbindung. Die Waschflasche A darf nur sehr wenig Wasser enthalten, da sonst ein großer Teil des Ammoniaks schon hier absorbiert würde. Man erwärme zunächst recht mäßig und bald wird man an dem klappernden Geräusch in dem Wasser der beiden Flaschen bemerken, dass die Absorption des Ammoniaks vor sich geht.

Da Ammoniak in Wasser äußerst leicht löslich ist, so kann man es auch nicht über Wasser auffangen, man muss also entweder Quecksilber als Sperrflüssigkeit anwenden oder einfacher, man leitet es durch ein Rohr in eine trockene Flasche, welche mit der Mündung nach unten in einem Stativ befestigt ist. Die Luft in der Flasche wird verdrängt und man erkennt dies daran, dass ein brennender Span, an die Mündung der Flasche gehalten, sofort erlischt.

2.2 Darstellung von Ammoniak – Medtech-Variante

Gefährdungsbeurteilung siehe Online-Ergänzung

Geräte: Gasentwickler aus medizintechnischen Geräten (s. Abb. 2), 6 Spritzen (z. B. 20 mL) mit Kombistopfen

Chemikalien: Natriumhydroxid-Plätzchen (ätzend, C, GHS 05), konz. Ammoniumchlorid-Lösung (GHS 07); Kupfersulfat-Pentahydrat (gesundheitsschädlich, Xn, GHS 07) (GHS 09) im Gemisch mit gekörnter Aktivkohle als Absorptionsmittel für Ammoniak

Durchführung: Man füllt in das Reagenzglas mit seitlichem Ansatz einige Natriumhydroxid-Plätzchen. Tropfenweise wird die Ammoniumchlorid-Lösung zugegeben. Der Dreiweghahn ist so geschaltet, dass die zunächst verdrängte Luft in das

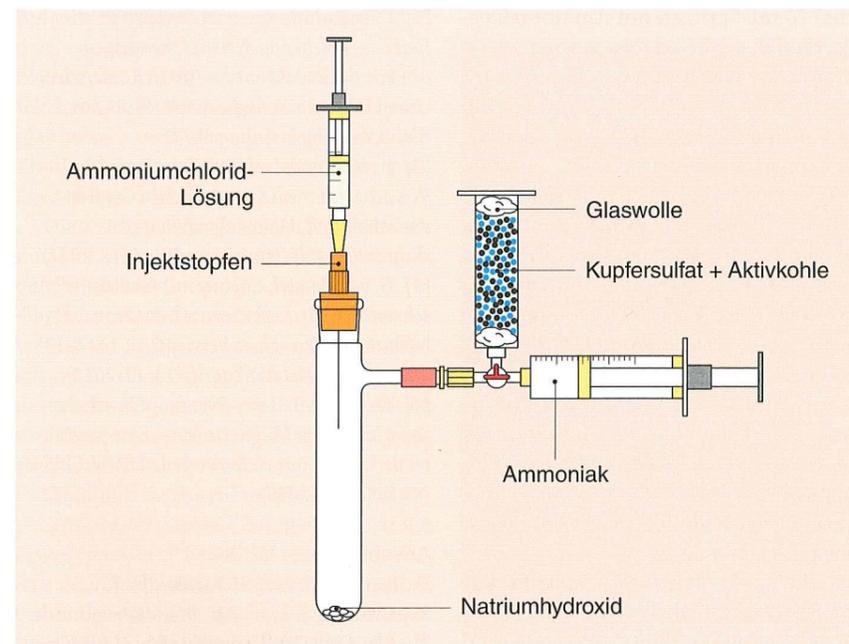


Abb. 2: Ammoniak-Synthese [2]

Absorptionsröhrchen entweichen kann. Erst dann wird durch Drehen des Hahnes das Ammoniak mit der Spritze aufgefangen. Diese wird dann abgenommen (Dreiweghahnstellung ändern) und mit einem Kombistopfen verschlossen. Es werden insgesamt 6 Spritzen auf diese Art gefüllt.

Der Vergleich der beiden Versuchsvarianten zeigt deutlich, wie mit einfachen Mitteln aus dem Medtech-Bereich das Prinzip der Stoffminimierung anzuwenden ist. Die leicht zu realisierende „geschlossene“ Apparatur reduziert durch Verwendung geeigneter Absorptionsröhrchen potenzielle Gefährdungen und ermöglicht erst so Experimente außerhalb des Abzuges und die Durchführung in Schülerübungen.

3 Apparaturen

Ein Vergleich der Apparaturen und der Versuchsdurchführungen am Beispiel verschiedener Springbrunnenversuche soll

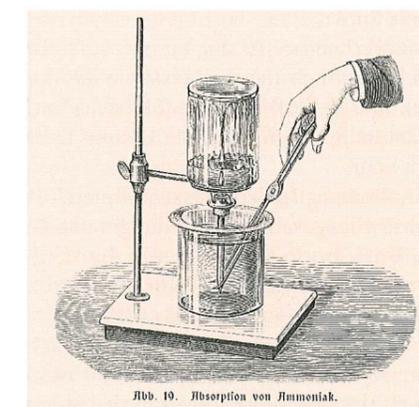


Abb. 3: Absorption von Ammoniak [1]

die Tendenz von unhandlichen, unübersichtlichen und komplexen Versuchsaufbauten zu möglichst einfachen und übersichtlichen, dazu sicheren und schülerübungsgeeigneten Materialien und Anordnungen verdeutlichen.

3.1 Absorption von Ammoniak – historische Variante [1, S. 40]

Man fülle, wie oben beschrieben, eine größere Flasche mit Ammoniakgas, verschließe sie sofort mit einem gut schließenden Stopfen, in dessen Durchbohrung ein längeres Glasrohr steckt, das in eine oben zugeschmolzene Spitze endet. Dieses Spitzrohr steht, wie es Abb. 19 zeigt, in einem mit Wasser gefüllten Becherglas. Wird nun die Spitze unter Wasser abgebrochen, so steigt letzteres zunächst langsam in dem Rohr in die Höhe, sehr bald geht die Absorption des Ammoniaks rascher vor sich, und das Wasser springt in Gestalt einer Fontäne empor.

• Noch auffallender wird die Erscheinung, wenn man dem Wasser etwas Phenolphthalein in