

Der vorliegende Band stellt den Nachfolgebund dar zu:

Pfeifer, P., Lutz, B. & Bader, H.J. (Hrsg.) (2002).

Konkrete Fachdidaktik Chemie. 3. Auflage. München: Oldenbourg.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;  
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

#### Impressum

Katrin Sommer, Judith Wambach-Laicher, Peter Pfeifer (Hrsg.)  
Konkrete Fachdidaktik Chemie  
Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht

2. Auflage 2019

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages. Hinweis zu § 52 a UrhG: Weder das Werk noch seine Teile dürfen ohne eine solche Einwilligung eingescannt und in ein Netzwerk eingestellt werden. Dies gilt auch für Intranets von Schulen und sonstigen Bildungseinrichtungen. Fotomechanische oder andere Wiedergabeverfahren nur mit Genehmigung des Verlages.

© 2018. Aulis Verlag in Friedrich Verlag GmbH  
D-30159 Hannover  
Alle Rechte vorbehalten.  
[www.friedrich-verlag.de](http://www.friedrich-verlag.de)

Redaktion: Sebastian Thede, München  
Realisation: SchwabScantechnik, Göttingen  
Druck: BELTZ Grafische Betriebe GmbH, Bad Langensalza  
Printed in Germany

ISBN: 978-3-7614-2969-3

Katrin Sommer, Judith Wambach-Laicher, Peter Pfeifer (Hrsg.)

# Konkrete Fachdidaktik Chemie

Grundlagen für das Lernen und Lehren  
im Chemieunterricht

 **Aulis**

Leistung tritt dahinter zurück. Der in der Chemieausbildung übliche Ansatz, nur das Ergebnis des Experimentierens isoliert zu beurteilen (Ausbeute und Reinheit einer Substanz, Analysenergebnisse), sollte nicht in den Chemieunterricht übernommen werden. Vielmehr sollte gleichzeitig der Weg dorthin (Planung des Experiments, Aufbau, Durchführung unter Sicherheitsaspekten und Auswertung) im Fokus stehen. Voraussetzung ist weiterhin Übung im Experimentieren und somit ausreichend Gelegenheit zum Erlernen der Arbeitstechniken. Eine Leistungskontrolle kann somit einen praktischen Anteil enthalten, der zum Gesamtergebnis beiträgt. Voraussetzung ist eine intensive Beobachtung durch die Lehrperson, was etwa durch Arbeiten an Stationen mit nur einer Experimentierstation erreicht werden kann.



### Vertiefung 3: Der Wunderversuch

Versuche, die die Zuschauer – und manchmal auch der Experimentator – nicht durchschauen und die gleichzeitig verblüffende Phänomene zeigen, werden Wunderversuche genannt. Man kann diese Definition auch abändern: Versuche, die für den Betrachter bei seinem momentan vorhandenen Wissen völlig unerklärliche Phänomene zeigen, stellen sich für diesen als sogenannte Wunderversuche dar.

Chemieshows mit zahlreichen dieser Wunderversuche, die das Ziel haben, Chemie populär zu machen, Interesse zu wecken und zu unterhalten, werden in den letzten Jahren verstärkt angeboten (u. a. Schiessl et al. 2006, Schiessl et al. 2007). Sicher verfehlen sie diese Ziele nicht, sie können aber kaum Vorbild für den Chemieunterricht sein. Zwar haben vor allem in der Vertretungsstunde, der letzten Stunde vor den Ferien und auf dem Schulfest die Durchführung solcher Experimente Tradition und auch ihre Berechtigung, schließlich steht in diesen Fällen der Showcharakter im Vordergrund. Einen didaktischen Wert wird man ihnen im regulären Unterricht kaum zuordnen können – es sei denn, diese Versuche werden entmystifiziert und die zugrunde liegenden chemischen Konzepte für die Lernenden erfahrbar.

Allerdings muss auch der ab und an zu hörende Vorschlag abgelehnt werden, die erste Chemiestunde des Anfangsunterrichts mit Wunderversuchen zu bestreiten. Hier würde ein völlig falsches Bild chemischen Experimentierens vermittelt und es würden falsche Erwartungshaltungen aufgebaut.

## 13.5 Demonstrationsexperimente

Besonders bedeutungsvolle Sachverhalte der Chemie sollten nach Ralle (1994) in Form von Demonstrationsversuchen vermittelt werden. Primär wird der Demonstrationsversuch mit dem Lehrerdemonstrationsversuch assoziiert; es ist aber auch möglich, dass ein Demonstrationsversuch von Lernen-

den vorgeführt wird. Jeder Versuch, der für die Schulchemie geeignet ist, kann als Demonstrationsversuch durchgeführt werden. Die Auswahlkriterien wurden bereits behandelt (vgl. Kap. 13.3) und verdeutlichen die sehr speziellen Anforderungen an ein für den Chemieunterricht geeignetes Experiment.

### 13.5.1 Wahrnehmungsgesetze

Nach Arnheim (1972) besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der visuellen Wahrnehmung und den anschließend ablaufenden Denk- und Lernprozessen. Prägnant wahrgenommene Objekte – man denke an die Gestaltung von Verkehrsschildern – und Sachverhalte bleiben besonders gut im Gedächtnis haften und können deshalb mental gut verarbeitet werden. Anders ausgedrückt, stellen prägnant wahrgenommene Anordnungen und Vorgänge die Voraussetzungen für bessere Lernleistungen dar. Diese Forderung wird auch an Demonstrationsexperimente gestellt.

Metzger (1953) hat die visuellen Wahrnehmungsgesetze, die auch als Gesetze des Sehens bezeichnet werden, beschrieben. Diese Gesetze sind nicht als naturwissenschaftliche Gesetze zu sehen, vielmehr sind es aus einer großen Zahl psychologischer Untersuchungen abgeleitete erfahrungsbasierte Regeln mit hoher praktischer Bedeutung für Werbung und Produktgestaltung.

H. Schmidkunz schlug 1983 vor, diese Wahrnehmungsgesetze auch dem Aufbau und der Durchführung von Demonstrationsexperimenten zugrunde zu legen. In zahlreichen Fallstudien wurde die Existenz der Gesetze im Kontext Demonstrationsexperimente sowie deren Wirksamkeit untersucht (Becker 1977; Nehring et al. 2017; Plaß 1993; Plaß 1994; Schmidkunz & Klaetsch 1986; Schmidkunz 1992; Sumfleth et al. 1993). Als geeignetes Untersuchungsinstrument erwiesen sich Schülerzeichnungen, die nach der Demonstration zu unterschiedlichen Zeitpunkten aus dem Gedächtnis von den Probanden angefertigt wurden (u. a. Plaß 1993; Schmidkunz & Klaetsch 1986; Sumfleth et al. 1993). Diese Zeichnungen spiegeln natürlich das Ergebnis von Wahrnehmungs-, Erinnerungs- und Verarbeitungsprozessen wider. Heute bietet sich mit dem Eye-Tracking die Möglichkeit, die Wahrnehmung direkt zu erfassen (Nehring et al. 2017). Alle Studien kommen zu dem Ergebnis, dass die Beachtung der Gesetze unverzichtbar ist:

#### Gesetz des Figur-Grund-Kontrastes

Eine Versuchsanordnung muss sich deutlich vom Hintergrund und von der Umgebung abheben, d. h., sie muss als eigenständiges Objekt deutlich sichtbar sein. So ist eine vollgeschriebene Tafel ein störender Hintergrund, der

die Wahrnehmung der eigentlichen Versuchsanordnung behindert. Darüber hinaus ist die Farbe des Hintergrunds zu beachten. Für die Wahrnehmung von Glasgeräten sind dunkle, matte Hintergründe vorzuziehen, wie sie die meisten Schultafeln bieten. Soll ein besonderer Farbeffekt bei einer Reaktion gezeigt werden, sollte eine weiße Pappe hinter das Reaktionsgefäß gestellt werden.

### Gesetz der Einfachheit

Einfache Apparaturen sind besser wahrnehmbar als komplexe. Die Komplexität beruht sowohl auf der Anzahl der verwendeten Teile als auch auf der Gleichartigkeit der Geräte. So steigert eine Vielzahl von Stativen und Klammern die Komplexität einer Versuchsanordnung, was wiederum eine deutliche Schwächung der Wahrnehmung bewirkt (Abb. 1).

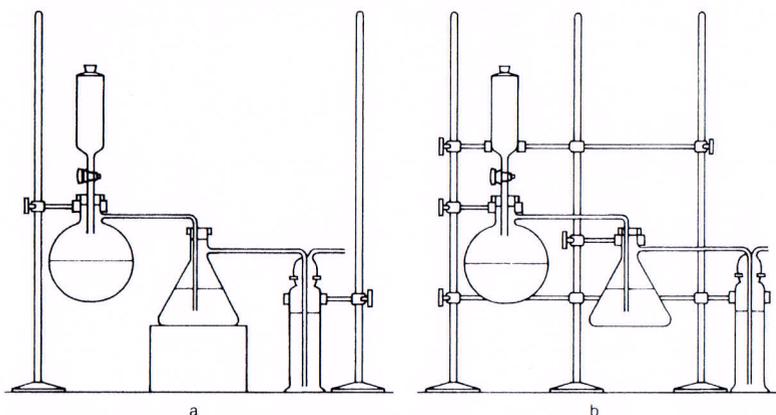


Abb. 1: Die Erhöhung der Komplexität durch Verwendung von Stativen (links: gestaltungspsychologisch richtig, rechts: gestaltungspsychologisch falsch) (Schmidkunz & Büttner 1992, S. 8)

Eine Analyse von Schülerzeichnungen zeigt, dass gerade im Anfangsunterricht eine Differenzierung zwischen der eigentlichen Apparatur und den Befestigungselementen nur eingeschränkt stattfindet (Pläß 1993; Pläß 1994). Der Versuchsaufbau wird als Ganzes gesehen, Wesentliches von Unwesentlichem nicht unterschieden. Ziel muss es sein, Versuchsaufbauten so einfach wie möglich zu gestalten. Ein Problem ist allerdings die Standfestigkeit von Apparaturen, die trotz der gestaltungspsychologischen Erfordernisse nicht vernachlässigt werden darf.

### Gesetz der Gleichartigkeit

Gleichartige Geräte führen zu Objektzusammenschlüssen, d. h., ein Beobachter vermutet gleichartige Vorgänge in gleichartigen Geräten. Die Gleichartigkeit liegt vor allem in der Form, Größe und der Farbe der Teile. Unterschiedliche Funktionen verlangen deshalb auch unterschiedliche Geräte. So sollte sich eine Gasentwicklungsapparatur (Rundkolben mit Tropftrichter) vom anschließenden Reaktionsgefäß (Erlenmeyerkolben) und einem dahinter geschalteten Gefäß zur Absorption des überschüssigen Gases (Waschflasche) in der Form unterscheiden. Damit wird deutlich zwischen Herstellung des Reagenzes, der Reaktion und der Entsorgung auch optisch getrennt.

### Gesetz der Nähe

Nahe beieinander stehende Objekte werden als zusammengehörig empfunden. Vor allem Gefäße, die denen gleichen, die in der Versuchsanordnung verwendet werden, werden von Lernenden unbewusst mit ins Gedächtnis aufgenommen und mit dem eigentlichen Experiment in Verbindung gebracht. Deshalb sollten auf dem Experimentiertisch nur die Versuchsanordnung und die dazugehörigen Chemikalien stehen.

Umgekehrt kann das Gesetz der Nähe genutzt werden, um Zusammenhänge zu verdeutlichen: Die Schwefelsäureflasche neben einem Reagenzglas mit einer farblosen Flüssigkeit ist ein optischer Hinweis auf den Reagenzglasinhalt, trotzdem sollte das Reagenzglas entsprechend beschriftet sein.

### Gesetz der glatt durchlaufenden Kurve (Linie)

Glatt durchlaufende Linien (Stative, Rohrleitungen, Schläuche) sind besonders wahrnehmungsaktiv. Sind solche Linien unterbrochen oder unvollständig, so werden sie trotzdem von Lernenden als durchgehend wahrgenommen. Sie beziehen auch Teile in diese Linien mit ein, die nicht dazugehören, die Linien jedoch scheinbar weiterführen oder ergänzen.

Stative sind für eine bestimmte Altersgruppe der Lernenden besonders wahrnehmungsaktiv. Man sollte also sparsam mit Stativen umgehen. Besonders empfehlenswert sind einrahmende Stative links und rechts des Versuchs (Abb. 1). Stative hinter den Glasgeräten sind außerordentlich störend, weil die Beobachtung der Vorgänge in den Glasgeräten behindert wird. Außerdem verbinden die Lernenden im Gedächtnis häufig die Stative mit Rohrleitungen zu einer ungewollten Einheit.

Schläuche und Rohre, die nach dem Einleiten in ein Reaktionsgefäß und Ausleiten aus dem Gefäß auf gleicher Höhe liegen, werden als durchgehend wahrgenommen, wie zahlreiche Fallstudien zeigen: Zwischen 20 und 50 % der Lernenden gaben das in ihren Zeichnungen so wieder. Es sollte deshalb

eine deutliche Stufung der Ein- und Ausleitungsrohre vorgenommen werden.

Klammern und Verbindungsleitungen werden auch dann miteinander als eine Einheit wahrgenommen, wenn die Geräteteile aus unterschiedlichen Materialien bestehen. Beim Aufbau von Demonstrationsversuchen sollte deshalb ein möglichst großer Abstand zwischen diesen Teilen der Apparatur eingehalten werden.

### Gesetz der Symmetrie

Symmetrisch aufgebaute Anordnungen oder Anordnungsteile sind besonders wahrnehmungsaktiv. In der Schulchemie werden Apparaturen, bei denen ein symmetrischer Aufbau gewählt wird, eher selten eingesetzt. Beispiel: Ein in einem Gasentwickler erzeugtes Gas wird in zwei Erlenmeyerkolben geleitet. Dort liegen entsprechende Reaktionspartner vor, sodass zwei Reaktionen, z. B. ein Indikatorumschlag und eine Fällungsreaktion, zu beobachten sind. Die Gleichheit der beiden Reaktionsgefäße ist hier gerechtfertigt, weil es sich um zwei Reaktionen des gleichen Gases handelt. Auf beiden Seiten muss dann das überschüssige Gas in Waschflaschen entsorgt werden. Diese gleichen Funktionen werden ebenfalls in gleichen Geräten vorgenommen.

### Gesetz der Dynamik von links und rechts

Unsere abendländischen Kulturtechniken verlaufen überwiegend von links nach rechts, insbesondere lesen und schreiben wir von links nach rechts. So ergibt sich eine bevorzugte Arbeitsrichtung und eine Richtung, in der Bilder erfasst werden, die als angenehm empfunden wird. In anderen Kulturkreisen, etwa im arabischen Sprachraum, sind die Vorzugsrichtung und die Sehgewohnheiten umgekehrt.

Entsprechend unserer Gewohnheiten, ist die Anordnung eines Versuchsaufbaus von links nach rechts vom Betrachter aus gesehen vorzuziehen. Wird hintereinander mit mehreren Gefäßen experimentiert, so ist mit dem links stehenden zu beginnen. Wie wenig gewohnt, eher verwirrend eine Versuchsanordnung ist, wenn das Gesetz der Dynamik von links nach rechts nicht berücksichtigt wird, zeigt Abbildung 2. Hier verläuft die Reaktionsrichtung von rechts unten nach links oben.

Versuche, die aufeinander folgen und vor der Unterrichtsstunde vorbereitet worden sind, sollten auf dem Experimentiertisch ebenfalls in einer links beginnenden Reihenfolge durchgeführt werden, wobei auf einen deutlichen Abstand zwischen den einzelnen Anordnungen geachtet werden muss, sonst kommt es zu Objektzusammenschlüssen. Anfänglich erfordert dies etwas Übung, da ja aus Lehrersicht gerade umgekehrt, nämlich von rechts nach links, aufgebaut und gearbeitet wird.

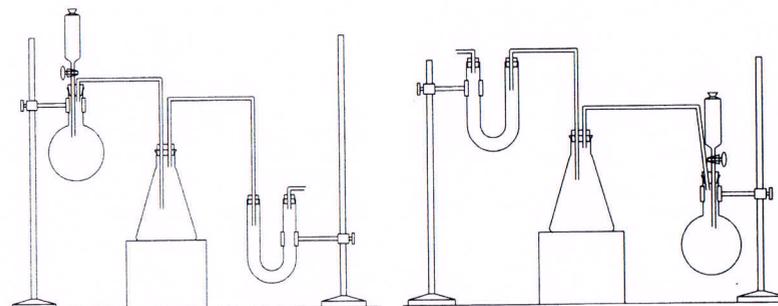


Abb. 2: Gesetz der Dynamik von links nach rechts (links: berücksichtigt, rechts: nicht berücksichtigt) (Schmidkunz & Büttner 1992, S. 8)

### Gesetz der objektiven Einstellung

Gegenstände mit charakteristischen Formen, deren typische Funktion der Mensch kennt, werden in vielen Situationen wieder mit genau dieser Funktion in Verbindung gebracht. Werden also für gleiche Arbeitsoperationen, wie etwa die Entwicklung eines Gases, in Form und Aufbau identische Anordnungen gewählt (z. B. der Gasentwickler aus Rundkolben und Tropftrichter), erleichtert dies den Lernenden die funktionale Zuordnung des Aufbaus.

Die Wahrnehmungsgesetze liefern empirisch belegte Hilfestellungen für den Aufbau und die Durchführung wahrnehmungsaktiver Demonstrationsexperimente im Chemieunterricht. Sie bieten der Lehrkraft darüber hinaus die Möglichkeit, den Versuchsaufbau selbst zu überprüfen. Alternativ können Videoaufnahmen zum Einsatz kommen, um die Vorführung des Experimentes zu beurteilen. Für die Praxis muss festgehalten werden, dass nicht immer alle Gesetze gleichzeitig berücksichtigt werden können.

## 13.5.2 Präsentation von Demonstrationsexperimenten

Jeder Beobachtende sollte ein Demonstrationsexperiment in allen seinen Einzelheiten gut verfolgen können. Dabei hat die unmittelbare Beobachtung durch die Lernenden in der Praxis die größte Bedeutung. Erforderlich ist eine ausreichend große Dimensionierung der Versuchsaapparaturen und damit verbunden der eingesetzten Chemikalienmengen. So kann man üblicherweise nicht auf Reagenzgläser der Größe 200 x 30 mm verzichten. Ebenso verbietet sich ein Arbeiten in 100-ml-Kolben, 100-ml-Bechergläsern oder noch kleineren Gefäßen. Weitere Maßnahmen bestehen darin, Geräte erhöht aufzubauen und bei ungefährlichen Versuchen die Lernenden an den

Experimentiertisch zu holen. Es sollte für jede Lehrkraft selbstverständlich sein, hinter einem Versuchsaufbau zu stehen und keine Apparaturen durch ihren Körper zu verdecken. Im Zweifel sollte überprüft werden, ob von der hintersten Tischreihe des Chemieraums eine gute Beobachtung des Experimentierens gewährleistet ist.

Guter Beobachtbarkeit steht allerdings ein gravierender Nachteil gegenüber: Die eingesetzten Chemikalienmengen sollten aus Gründen des Umweltschutzes und der Arbeitssicherheit möglichst gering gehalten werden. Auch hat die Anschaffung, Bevorratung und Entsorgung kleiner Chemikalienmengen finanzielle Vorteile.

So ist es durchaus von Vorteil, wenn bei Nachweisreaktionen mit stark verdünnten Lösungen gearbeitet wird. Oftmals sind Fällungen oder Farbumschläge bei niedrigen Konzentrationen sogar effektvoller als bei hohen. Da der genannte Kunstgriff nicht universell anwendbar ist, stellt sich die Frage, wann und wie in einem kleinem Maßstab gearbeitet werden kann, und welche Möglichkeiten es gibt, die Lernenden trotzdem am Geschehen teilhaben zu lassen.

Da der Maßstab ein relativer Begriff ist, wird in Tabelle 1 zunächst anhand einer gängigen Zuordnung gezeigt, wie sich Experimente nach den eingesetzten Chemikalienmengen klassifizieren lassen.

Methode	Eingesetzte Mengen an Chemikalien	
	fest	flüssig
Makrotechnik	> 0,1 g	> 5 ml
Halbmikrotechnik	0,1–0,01 g	5–0,5 ml
Mikrotechnik	0,01–0,001 g	0,5–0,05 ml
Ultramikrotechnik	< 0,001 g	< 0,05 ml

Tab. 1: Einteilung von Arbeitstechniken nach Ackermann (1959)

Verlässt man im Demonstrationsexperiment die Stufe des Makromaßstabes, ist es notwendig, neue Beobachtungsmöglichkeiten zu schaffen. Dies kann durch den Einsatz einer **Videokamera** und eines **Beamers** zur Wiedergabe erfolgen (Vertiefung 4).



#### Vertiefung 4: Einsatz von Videokamera und Beamer beim Experimentieren

Durch den Einsatz einer Videoeinrichtung eröffnet sich die Möglichkeit, in Maßstäben zu arbeiten, die etwa im Bereich der Halbmikrotechnik (Tab. 1) angesiedelt sind. Die dazu notwendigen Apparaturen eignen sich nicht nur für Demonstrationsexperimente, sondern auch für Schülerversuche, was finanziell vorteilhaft sein kann. Weiterhin kann sich der Zeitbedarf für die Durchführung von Experimenten verringern, da das Aufheizen von Proben, Arbeitsoperationen wie Destillieren, Absaugen oder Filtrieren sehr rasch vonstatten gehen. Eine ausführliche Zusammenstellung eindrucksvoller Experimente, die sich für die Videoprojektion eignen, findet sich u. a. bei Roesky (1998). Die Experimente müssen allerdings vor dem Hintergrund geltender Bestimmungen hinsichtlich der dort eingesetzten Chemikalien auf ihre Durchführbarkeit in der Schule in jedem Einzelfall überprüft werden.

Durch die Aufzeichnung eines Versuchs auf Video sind wichtige Details wiederholt der Beobachtung zugänglich. Es ist auf diese Weise möglich, Experimente gleich welchen Maßstabs, die aus Sicherheitsgründen unter dem Abzug durchgeführt werden müssen, allen Lernenden gleich gut sichtbar zu machen. Auch können schnell ablaufende Experimente oder im Gegensatz Langzeitversuche durch Zeitlupe oder Zeitraffer besser beobachtbar gemacht werden.

Nachteilig ist die Einstellung der Kamera, die – wenn man niemanden, der sie bedient, zur Verfügung hat – vor Beginn des Experiments, im Idealfall vor Stundenbeginn, erfolgen muss. Es kann so nur ein fester Ausschnitt des Geschehens visualisiert werden. Versuchsaufbauten und Kamera dürfen nicht verschoben werden, ohne dass ein erneutes Scharfstellen und Festlegen des Bildausschnittes notwendig wird. Es kann allerdings auch mit Kameras gearbeitet werden, die nur einen kleinen Ausschnitt des Experimentiertisches zeigen. Reagenzgläser, Kolben usw., in denen wichtige Effekte zu beobachten sind, werden in das Bildfeld der Kamera gehalten.

Es können Versuche auch in Apparaturen durchgeführt werden, die eine Projektion (z. B. mit Diaprojektor) auf eine Leinwand erlauben. Ansätze und Vorschläge hierzu sind bereits lange bekannt (z. B. Stock & Ramser 1929; Kuhnert 1965; Schäfer 1968; Struck 1973), heute aber nicht mehr von großer Bedeutung. Demgegenüber sind Präsentationen von Demonstrationsexperimenten **mittels Overheadprojektion** nach wie vor relevant. Mit dem Durchlicht des Overheadprojektors lässt sich in Gefäßen mit planem Boden, wie etwa Petrischalen, eine Reihe einfacher Experimente projizieren. Voraussetzung bei den durchgeführten Versuchen mit oder in Flüssigkeiten ist, dass mit geringen Schichtdicken von wenigen Millimetern gearbeitet wird. Sonst erscheinen farbige Lösungen auf der Leinwand schwarz. Fällungs- oder Lösungsvorgänge können im Allgemeinen nur gut beobachtet werden, wenn sich geringe Mengen an Feststoffen bilden bzw. lösen. Im anderen Fall erscheint

das Projektionsbild ebenfalls schwarz. Feststoffe eignen sich nur wenig für die Projektion, es sei denn, man zeigt auf diese Weise die Umrisse einzelner Kristalle. Insofern nehmen Projektionsversuche eine Sonderstellung ein. Sie sind nicht dazu geeignet, die ganze Breite chemischen Experimentierens im Unterricht darzustellen, haben aber dann Vorteile, wenn sich besondere Effekte gerade durch diese Art der Vergrößerung besonders gut optisch erfassen lassen.

Full (1996) führt in einer Übersicht etwa vierzig gängige Schulversuche auf, die sich für diese Art der Versuchsdurchführung eignen. Diese reichen von der Emulsionsbildung aus Wasser und zwei Tropfen Öl, das mit Sudanrot eingefärbt wurde, bis zur Beobachtung der Bildung von Kalkseifen. Besonders eindrucksvolle Versuche für die Overheadprojektion wurden unter dem unterhaltenden Aspekt der vier Jahreszeiten zusammengestellt (Full & Ruf 1998).

Folgende Vorteile sind – neben den bereits oben genannten – aufzuführen:

- Aufgrund des einfachen Experimentalaufbaus gestaltet sich die Versuchsdurchführung zumeist recht unproblematisch und nimmt relativ wenig Zeit in Anspruch.
- Das Projektionsbild zeigt das Wesentliche des Reaktionsgeschehens. Die Betrachter werden nicht durch eine Vielfalt von Geräten und Bauelementen abgelenkt.
- Die erhebliche Vergrößerung und die Abbildungsschärfe erlauben eine eindrucksvolle Darstellung von Details: Schlierenbildung beim Verdünnen von Säuren und Laugen sowie beim Auflösen von Kristallen, Grenzschichten zwischen nicht miteinander mischbaren Flüssigkeiten, Gasblasenentwicklung und Stoffabscheidungen an Elektroden, Wachsen transparenter Kristalle.
- Das Licht der Projektionslampe ermöglicht die Durchführung von Experimenten, anhand derer der Einfluss des Lichtes auf die Auslösung chemischer Reaktionen nachgewiesen werden kann (z. B. radikalische Bromierung von Alkanen) (vgl. Kap. 12.4.2, Vertiefung 8).
- Projizierte Experimente entbehren nicht einer gewissen Ästhetik und vermögen die Betrachter durchaus zu motivieren.

Aber auch die Nachteile dürfen nicht verschwiegen werden:

- Reaktionen, die bei erhöhter Temperatur ablaufen oder gekühlt werden müssen, können mit den zur Verfügung stehenden Geräten nur eingeschränkt projiziert werden. Reaktionen mit Feststoffen bzw. in Schmelzen lassen sich – bis auf Ausnahmen – nicht projizieren.
- Eine Licht- und Wärmeempfindlichkeit von Substanzen setzt unter Umständen dem Einsatz des Mediums Grenzen.

- Mit dem einfachen Versuchsaufbau und der raschen Versuchsdurchführung erreicht das Projektionsexperiment nicht selten eine Abstraktionsstufe, die dem Lerngeschehen entgegenstehen kann. Das präparative Arbeiten kann im Projektionsexperiment weder realisiert noch veranschaulicht werden.

Für die gesamte Projektionschemie ist es wichtig, die für den Einsatz im Unterricht geplanten Experimente vorher zu erproben, auch wenn man sie im Makromaßstab mit normalen Glasgeräten bereits oftmals durchgeführt hat. Viele Effekte wirken optisch deutlich anders, als man zunächst erwartet, und optimale Ergebnisse lassen sich – wie überall – nur mit Erfahrung erreichen. Wichtig ist, dass bei Reaktionen auf dem Overheadprojektor beschriftete Folien untergelegt oder die Petrischalen direkt beschriftet werden, was eine einfache Zuordnung der durchgeführten Reaktionen erlaubt. Neue Möglichkeiten der Projektionschemie ergeben sich mit dem Visualizer, einer Dokumentenkamera; es gelten die identischen Kriterien für eine erfolgreiche Projektion wie beim Overheadprojektor.

## 13.6 Schülerexperimente im Chemieunterricht

### 13.6.1 Das Schülerexperiment und seine Bedeutung im Chemieunterricht

Unabdingbares Charakteristikum des Schülerexperiments (synonym Schülerversuch, Schülerübung) ist die Selbsttätigkeit der Lernenden. Diese sollte schon bei der Planung des Experiments beginnen. Die Lernenden sollten auch bei der Vor- und Nachbereitung des Experiments aktiv eingebunden sein, jedoch nur so weit dies möglich und zulässig ist. In jedem Fall ist aber dem Lernenden die selbsttätige Durchführung des Experiments zu ermöglichen.

„Erzähle mir und ich vergesse. Zeige mir und ich erinnere mich. Lass es mich tun und ich verstehe“ (Konfuzius, 553–473 v. Chr.). So alt diese Weisheit ist, bestätigt sie sich doch zumindest im Grundsatz auch heute immer wieder in Lehr-Lern-Situationen. Jedoch muss das Schülerexperiment im naturwissenschaftlichen Unterricht didaktisch und methodisch in verschiedenen Perspektiven kritisch betrachtet werden, um es weiter zu legitimieren.

Fachdidaktische Untersuchungen der letzten Jahre betonen den Wert und die hohe Effektivität von didaktisch und methodisch gut geplanten und in den Unterricht eingebundenen Schülerexperimenten zur Förderung von Interesse und Motivation als Prädiktoren der Lernbereitschaft. Zudem wird eine affektive Beeinflussung beschrieben, die Lernenden zu einer po-