



## Das an Schülervorstellungen orientierte Unterrichtsverfahren: Beispiel Neutralisation

Tobias Dörfler und Hans-Dieter Barke

Petermann, Friedrich und Oetken stellten vor kurzem „Das an Schülervorstellungen orientierte Unterrichtsverfahren“ vor ([1], für frühere Aufsätze siehe auch [19, 20]). Gemeinsam mit dem Arbeitskreis der PH Freiburg arbeitet der Arbeitskreis Barke der Universität Münster im „Kooperationsteam Schülervorstellungen“. Erklärte Aufgabe ist die konkrete Einbindung von empirisch erhobenen Schülervorstellungen in den naturwissenschaftlichen Unterricht. Die Freiburger widmen sich vermehrt den Präkonzepten, also jenen vorläufigen Vorstellungen, die Lernende in der Lebenswelt entwickeln und in den Unterricht mitbringen. Neben solchen Präkonzepten unterscheidet man in der fachdidaktischen Forschung „hausgemachte Fehlvorstellungen“, die nicht in den Unterricht mitgebracht werden, sondern erst dort entstehen [2]. So bringen Schüler im Allgemeinen nur oberflächliche Vorkenntnisse zur Thematik *Säuren und Laugen* mit in den Unterricht: den Lehrpersonen muss es deshalb vor allem um die Prävention hausgemachter Fehlvorstellungen zu dieser Problematik gehen. Dazu gehört eine reflektierte Unterrichtsplanung und Durchführung, die bei Kenntnis der bekannten Fehlvorstellungen eben diese Vorstellungen im Chemieunterricht erst gar nicht entstehen lassen. Diesbezüglich wurde eine Unterrichtssequenz zum Thema „Neutralisation“ entwickelt und evaluiert. Die Evaluation ergibt, dass Schüler den eingesetzten Fragebogen nach jedem Unterrichtsabschnitt erfolgreicher beantworten, insbesondere korrigieren sie erfolgreich die mitgeteilten, möglichen Fehlvorstellungen durch ihre im Unterricht neu erworbene wissenschaftliche Vorstellung.

**Stichworte:** Neutralisation · Schülervorstellungen · Unterrichtsverfahren

### Einleitung

Zur Realisierung eines erfolgreichen Lernprozesses bedarf es vor allem der Diagnose und Berücksichtigung des jeweiligen Kenntnisstands der Lernenden [3]. So schlägt Treagust themenspezifische Diagnose-Fragebögen vor: „By using a diagnostic test at the beginning or upon completion of a specified science topic, a science teacher can obtain clearer ideas about the nature of the students' knowledge and misconceptions in the topic“ [4].

Gilbert et al. stellen diesbezüglich kritisch fest, dass viele naturwissenschaftliche Lehrkräfte die fachdidaktische Forschung nicht verfolgen und sich daher der immensen Bedeutung von Schülervorstellungen und deren Auswirkungen im naturwissenschaftlichen Unterricht nicht bewusst sind: „Probably nine out of ten instructors are not aware of the research on students' misconceptions, or do not utilize ways to counteract these misconceptions in their instruction“ [5].

Gilbert et al. fordern deshalb nicht nur die Diskussion der Diagnose-Problematik und deren Umsetzung im schulischen Unterricht, sondern darüber hinaus gleichermaßen das Einbeziehen fachdidaktischer Forschung in die Ausbildung von

Lehramtsstudenten und Referendaren: „The pre-service and in-service education of prospective and experienced chemistry teachers can play a crucial role in bridging the gap between chemical education research and classroom practice“ [5]. Unsere Forschungsergebnisse sollen zukünftige Studenten, Referendare und Chemielehrer ermutigen, sie stärker in ihren Unterricht einzubeziehen und fehlerhafte Modellvorstellungen in der Planung von Unterricht zu berücksichtigen.

Fehlerhafte Vorstellungen sind nicht nur bei heutigen Kindern und Jugendlichen nachweisbar, sondern waren vielmehr Ausgangspunkte bei vielen Wissenschaftlern und Naturphilosophen vergangener Jahrhunderte. Die historischen Vorstellungen und deren Evolutionen sind aus fachdidaktischer Sicht noch immer interessant, weil aus ihnen ersichtlich wird, wie sich aus der Vergangenheit gegenwärtige wissenschaftliche Vorstellungen entwickelt haben [2, 6, 7]. Auch Kinder und Jugendliche unserer Zeit äußern ähnliche Vorstellungen wie Wissenschaftler vergangener Jahrhunderte: Sie entwickeln auf Grund vieler genauer Beobachtungen und logischer Verknüpfungen beispielsweise ähnliche Vorstellungen zur Verbrennung, wie es durch die Phlogistontheorie im 17. Jahrhundert geschehen ist [1, 2]. Die ohne ein spezifisches Vorwissen entstehenden Vorstellungen werden daher nicht als falsch, sondern eher als alternativ, ursprünglich oder als **Präkonzepte** bezeichnet [2, 8].

In zunehmendem Maße ermitteln Fachdidaktiker jedoch ebenso in höheren Jahrgangsstufen Fehlvorstellungen. Da sie zumeist nicht ursprünglichen Überlegungen der Jugendlichen zuzuschreiben sind, sondern überwiegend durch die Vermittlungsprozesse im Unterricht entstehen, werden sie als **hausgemachte Fehlvorstellungen** bezeichnet [2]. Sie sind von den Präkonzepten deutlich zu unterscheiden: Präkonzepte können nicht verhindert werden, bezüglich der hausgemachten Fehlvorstellungen erscheinen dagegen Präventionsmöglichkeiten im Unterricht durchaus praktikabel. Insofern richten sich diese Ausführungen vor allem an Lehrpersonen in Hochschule und Schule, die die Problematik der Fehlvorstellungen nicht sehr gut kennen und erste diesbezügliche Reflexionen erst beginnen.

Tobias Dörfler, Jahrgang 1979, studierte das Lehramt für Gymnasium mit der Fächerkombination Chemie/Sport an der Universität Münster und promovierte anschließend im Arbeitskreis von Prof. Dr. Barke am Institut für Didaktik der Chemie. Seit Februar 2009 als Studienreferendar am Geschwister-Scholl-Gymnasium im Studienseminar Münster.

Hans-Dieter Barke, siehe **CHEMKON** 11/3 (2004) 115-120

Anschrift:

Dr. Tobias Dörfler, Coesfeldweg 79a, 48161 Münster

Prof. Dr. Hans-Dieter Barke, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Didaktik der Chemie, Fliednerstr. 21, 48149 Münster

E-Mail: barke@uni-muenster.de  
doerfler@uni-muenster.de

Sowohl Präkonzepte als auch hausgemachte Fehlvorstellungen sind in den Unterricht einzubeziehen. Im Falle der Präkonzepte wurde u.a. von Petermann, Friedrich und Oetken ein generelles Unterrichtsverfahren konzipiert und am Beispiel der Verbrennung von Holzkohle ein Unterrichtsvorschlag vorgestellt [1]. Im Falle hausgemachter Fehlvorstellungen ist das Konzept dahingehend zu variieren, dass zunächst ein Unterrichtsverlauf entwickelt wird, der die aus der fachdidaktischen Forschung bekannten Fehlvorstellungen berücksichtigt. Dies bedeutet, dass der jeweilige Unterricht dahingehend verändert wird, dass der Entstehung von bekannten Fehlvorstellungen präventiv entgegen gewirkt wird. Im Anschluss an diesen Unterricht mag eine Konfrontation der Lernenden mit Fehlvorstellungen erfolgen. Die Schüler sollen dabei auf der Grundlage der neu erworbenen wissenschaftlichen Vorstellung die Unzulänglichkeiten der jeweiligen Fehlvorstellung in Kleingruppen herausarbeiten. Abschließend werden den anderen Schülergruppen die entsprechenden Ergebnisse vorgestellt und mit ihnen über Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Vorstellungen diskutiert.

Ein solcher Unterrichtsverlauf zum Thema *Neutralisation* wurde entwickelt und bereits in einer Pilotstudie durchgeführt und evaluiert. Die entsprechenden Inhalte, Erfahrungen und zusammenfassenden Ergebnisse werden im Folgenden vorgestellt und diskutiert.

### Hausgemachte Fehlvorstellungen zur Neutralisation

Durch die Möglichkeit, Säuren und Basen auf der Grundlage der Arrhenius- oder der Brönsted-Vorstellung zu unterrichten, ergeben sich bereits erste, potentielle Ursachen von Fehlvorstellungen. So schreiben Geisler und Sumfleth: „*Ein beliebiges Vertauschen beider Säure-Base-Definitionen zeigt letztlich, dass das Wissen nicht tief verankert und deshalb nicht in Form des Transfers angewendet wird*“ [9]. Schmidt [10] argumentiert in dieselbe Richtung: „*Die Schüler müssen also lernen, sowohl mit der alten als auch mit der neuen Definition umzugehen*.“ Diesbezüglich werden Mehrfachwahlaufgaben entworfen und ausgewertet [10].

Insbesondere werden meist die Substanzen als Säuren oder Basen bezeichnet, obwohl es im Sinne der Brönsted-Theorie deren kleinste Teilchen sein müssen: In reiner Schwefelsäure sind  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -Moleküle die Säure-Teilchen, in verdünnter Schwefelsäure sind es jedoch  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ -Ionen. Die fachdidaktische Semantik erfordert daher eine entsprechend genaue Formulierung: nicht Schwefelsäure gibt zwei Protonen ab, sondern das  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -Molekül [2]. Neben den sauren und alkalischen Lösungen als Substanzen werden in der vorliegenden Unterrichtsplanung die Begriffe Säuren und Basen gemäß der Brönsted-Theorie verwendet.

Fragt man nach traditionellem Chemieunterricht hinsichtlich der Unterschiede zwischen reiner Schwefelsäure und wässriger Schwefelsäure-Lösungen und fordert die Lernenden auf, eine Modellzeichnung der Teilchen in beiden Substanzen anzufertigen, so kennzeichnen Lernende der gymnasialen Oberstufe „viele  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -Moleküle“ in reiner Säure, nur „wenige  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -Moleküle“ in einer Säure-Lösung (vgl. Abb. 7.3 in [2], und [11]). Obwohl die vollständige Protolyse bei verdünnten star-

ken Säuren bekannt ist, bleiben in der Vorstellung überwiegend Moleküle verhaftet. Bei der Analyse der Schülervorstellungen zu schwachen Säuren beschreiben Lernende zwar sowohl starke als auch schwache Säuren mit Ionen, ein großer Teil arbeitet aber dennoch mit Molekülsymbolen – zutreffende Modellvorstellungen sind kaum festzustellen (vgl. Abb. 7.7 in [2]).

Nach Abschluss des Säure-Base-Themas im traditionellen Chemieunterricht können die meisten Schüler zum Thema *Neutralisation* lediglich die üblichen Reaktionsgleichungen unkommentiert wiedergeben - in vielen Fällen nur fehlerhaft (vgl. Abb. 7.4 in [2]). Ebenso ist festzustellen, dass bezogen auf die Modellvorstellungen für eine Vielzahl der Lernenden „*HCl-Moleküle in Salzsäure*“ und „*NaOH-Moleküle in Natronlauge*“ vorhanden sind. Häufig wird auch nicht die *übrig bleibende* Natriumchlorid-Lösung angegeben, sondern festes Natriumchlorid als *entstehendes* Reaktionsprodukt: „... *bei der Neutralisation entstehen Salz und Wasser*“. Vielfach argumentieren die Schüler auch mit dem Entstehen von NaCl-Molekülen [11]. Das Eindampfen einer Kochsalz-Lösung stellen sich Lernende zum Teil so vor, als wären zunächst bewegliche Ionen vorhanden, die bei der Bildung der Kochsalz-Kristalle positive und negative Ionenladungen verlieren und NaCl-Moleküle bilden (vgl. Abb. 7.5 in [2]). Ebenso zeichnen sich Vorstellungen zur Neutralisationsreaktion ab, bei denen die Hydronium- und Hydroxid-Ionen in gleicher Anzahl nach der Neutralisation unverändert vorliegen und deshalb die resultierende Lösung weder sauer noch alkalisch ist.

### An Schülervorstellungen orientierter Unterricht zur Neutralisation

Zur Beschreibung von Salzen, Salzlösungen, sauren und alkalischen Lösungen ist der Ionenbegriff unabdingbar. Taber, Hilbing und Strehle [12, 13 und 14] konnten zeigen, dass eine Vielzahl von hausgemachten Fehlvorstellungen bezüglich des behandelten Ionenbegriffs im Chemieunterricht vorliegt. Insbesondere Hilbing und Strehle forderten daraufhin die Notwendigkeit expliziter Herausstellung der Ionen als Grundbausteine der Materie neben den häufig allein thematisierten Atomen und Molekülen. In Anlehnung an Christen/Baars [15] und an Sauer mann/Barke [16] wurde ein Periodensystem entwickelt, das sowohl Atome als auch Ionen als Grundbausteine der Materie darstellt (vgl. Abb. 1).

Arbeiten Schüler konsequent mit Ionen als einer wichtigen Art von Grundbausteinen, so wird der Ionenbegriff erfolgreich gelernt und angewendet ([13] und [14]). Werden zum Thema *Neutralisation* ebenfalls Ionen als kleinste Teilchen vieler saurer und alkalischer Lösungen zugrunde gelegt, und arbeiten die Lernenden über die Summensymbole hinaus zusätzlich mit Modellbechergläsern (vgl. Abb. 2) und mit den entsprechenden Ionensymbolen beteiligter Ionen, so entwickeln sie zutreffende Modellvorstellungen. In solchen Modellbechergläsern werden der Übersicht wegen die Wasser-Moleküle meist vernachlässigt, jedoch erinnert das bekannte (aq)-Symbol stets an ihre Anwesenheit und deutet die Hydrathülle der Ionen an.

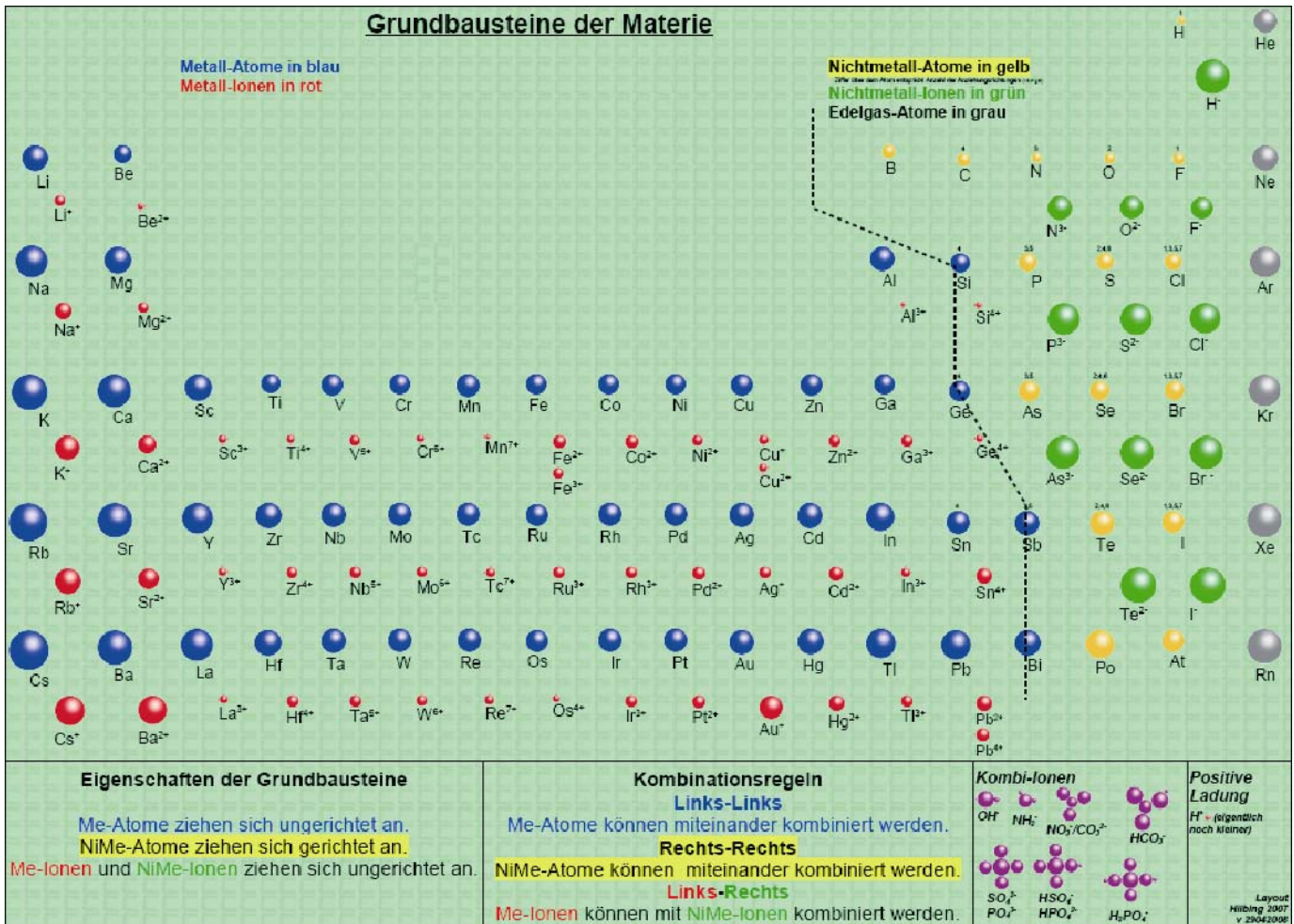


Abb. 1: Grundbausteine der Materie (Quelle und Download: www.chemisch-denken.de)

Im weiteren Unterrichtsverlauf arbeiten die Lernenden regelmäßig und kontinuierlich mit solchen Modellbechergläsern und lernen H<sup>+</sup>(aq)-Ionen und OH<sup>-</sup>(aq)-Ionen kennen. Ganz im Sinne von Mahaffy [17] werden auf diese Weise bei den Lernenden kognitive Verknüpfungen der unterschiedlichen Ebenen des durch ihn beschriebenen chemischen Kognitionstetraders [17] ermöglicht. Es ist herauszustellen, dass die Lernenden neben der greifbaren Substanz „Salzsäure“ eben nicht lediglich das Symbol HCl verwenden, sondern konsequent mit H<sup>+</sup>(aq)-Ionen und Cl<sup>-</sup>(aq)-Ionen arbeiten. Auf diese Weise er-

klärt sich die Zusammensetzung von Salzsäure- und Schwefelsäure-Lösungen von selbst: Beide enthalten die charakteristischen H<sup>+</sup>(aq)-Ionen bzw. H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>(aq)-Ionen als Säure-Teilchen (vgl. Abb. 2). Ferner lassen sich Funktion und Wirkungsweise eines Universalindikators charakterisieren, der Lösungen bei einem Übermaß an H<sup>+</sup>(aq)-Ionen rot und bei einem Übermaß an OH<sup>-</sup>(aq)-Ionen blau färbt.

Anhand des Alltags-Kontextes des Sodbrennens und dessen medizinischer Behandlung durch das Medikament Maaloxan<sup>®</sup> wird anschließend die Neutralisationsreaktion eingeführt.

Dabei erarbeiten die Schüler die entsprechenden Zusammenhänge weitestgehend selbstständig anhand von Modellzeichnungen. So wird mit einem Modellmagen gearbeitet, in welchem jeweils die kleinsten Teilchen der Magensäure (Salzsäure-Lösung), jene des Maaloxans<sup>®</sup> und deren Reaktionen dargestellt werden (vgl. Abb. 3).

Mit Kenntnis der Funktion und Wirkungsweise des Universalindikators finden sie anhand des Farbumschlags nach einer Neutralisationsreaktion von Magensäure und Maaloxan<sup>®</sup> eigenständig die naturwissenschaftlich gültige Erklärung. Durch die motivierende Verwendung eines Modellmagens

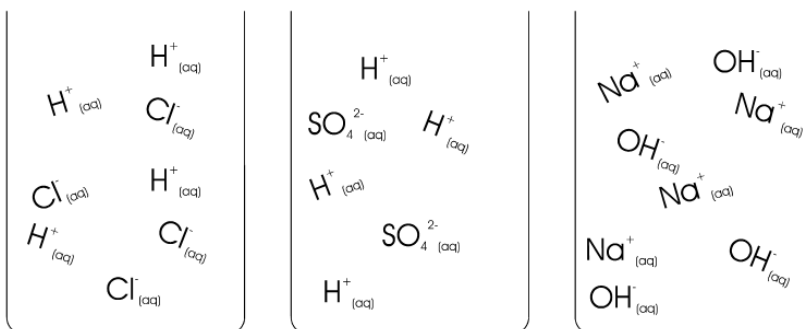


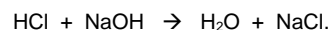
Abb.2: Modellbechergläser für eine Salzsäure-, Schwefelsäure- bzw. Natriumhydroxid-Lösung

und die konsequente Arbeit mit Ionensymbolen können sie dann langfristig verankerte Vorstellungen aufbauen. In Schülerexperimenten wird danach mit Hilfe von Laborchemikalien die Neutralisation von Salzsäure mit Natronlauge nachgestellt und mit der Reaktion im ‚Modellmagen‘ verglichen, es werden Gemeinsamkeiten und Unterschiede diskutiert und herausgestellt (vgl. Abb. 3 und 4).

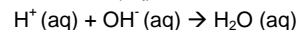
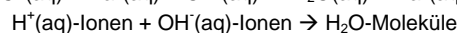
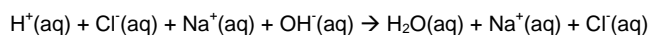
Mit Hilfe der Modellbechergläser kann hausgemachten Fehlvorstellungen präventiv begegnet werden: Durch die eingangs eingeführten Hydrathüllen der  $\text{Na}^+(\text{aq})$ - und  $\text{Cl}^-(\text{aq})$ -Ionen in einer Kochsalz-Lösung wird eindrucksvoll dargestellt, dass sich eben kein festes Salz und darüber hinaus streng genommen auch keine Salz-Lösung *bildet*, sondern *übrig bleibt*. Geht man darüber hinaus von der in höheren Jahrgangsstufen nachweisbaren, hausgemachten Fehlvorstellung aus, dass die elektrische Leitfähigkeit bei der Leitfähigkeitstiteration einer Salzsäure- und Natriumhydroxid-Lösung deshalb sinkt, weil die Anzahl der vorhandenen Ionen abnimmt, so wird der Fehler mit Hilfe der Modellbechergläser sofort deutlich (vgl. Abb. 4). Selbstverständlich bleibt die Anzahl der in Lösung befindlichen Ionen gleich: im Modell sind es „vier Ionen vorher“ und „vier Ionen nachher“ (vgl. Abb. 4). Es erfolgt eine Abnahme der Leitfähigkeit, da formal gesehen die sehr gut beweglichen  $\text{H}^+(\text{aq})$ -Ionen durch die wesentlich weniger gut beweglichen

$\text{Na}^+(\text{aq})$ -Ionen ersetzt werden. Die Verdünnung der Lösung und ihre Erwärmung bleiben bei der Betrachtung der Leitfähigkeit unberücksichtigt. Ab dem Äquivalenzpunkt erfolgt dann ein Anstieg, weil nun tatsächlich die ebenfalls sehr beweglichen  $\text{OH}^-(\text{aq})$ -Ionen hinzukommen.

Der abschließende Schritt der ersten Unterrichtsphase wird durch die Erarbeitung der Reaktionsgleichung bestimmt. Empirische Untersuchungen zeigen [11], dass sie meist mit Summensymbolen auswendig gelernt wird:



In dieser Unterrichtssequenz leiten die Schüler die Reaktionsgleichung eigenständig her. Sie stellen dazu jeweils nur die Moleküle und Ionen des linken und rechten Modellbecherglases (vgl. Abb. 4) zusammen und erhalten eine gegenüber den Becherglasmodellen vereinfachte Darstellung der Neutralisationsreaktion:



Auf diese Weise lernen die Schüler die Reaktionsgleichung als tatsächliche Verkürzung bzw. Vereinfachung eines komplexen Sachverhaltes und nicht als auswendig zu lernendes Übel kennen. Im weiteren Verlauf kann dann die Reaktionsgleichung auf das Wesentliche der Neutralisation starker Säuren und Basen reduziert werden, nämlich auf die Reaktion von  $\text{H}^+(\text{aq})$ -Ionen und  $\text{OH}^-(\text{aq})$ -Ionen.

### Einbeziehung exemplarischer Fehlvorstellungen in den Chemieunterricht

In dieser anschließenden Unterrichtsphase werden die Lernenden gezielt mit aus der fachdidaktischen Literatur bekannten Fehlvorstellungen anderer Schüler konfrontiert. Die Schulklasse wird in vier Gruppen aufgeteilt und jede Gruppe erhält die Fehlvorstellung einer fiktiven Schülerin oder eines fiktiven Schülers zum Thema *Neutralisation*. Die Fehlvorstellungen beschreiben

1. HCl-Moleküle in einer Salzsäure-Lösung,
2. NaOH-Moleküle in einer Natriumhydroxid-Lösung,
3. die Bildung von festem Natriumchlorid bei der entsprechenden Neutralisation und
4. das parallele Vorliegen gleicher Anzahlen  $\text{H}^+(\text{aq})$ -Ionen und  $\text{OH}^-(\text{aq})$ -Ionen nach einer Neutralisation.

Die Schüler sollen die angebotenen Sachverhalte in den Kleingruppen überprüfen und die entsprechenden Unzulänglichkeiten der jeweiligen Fehlvorstellung herausstellen und korrigieren. So wird einer Kleingruppe die Fehlvorstellung „von den HCl-Molekülen in Salzsäure“ des fiktiven Schülers Bernd angeboten und die Kleingruppe korrigiert sie mit ihrem neu erworbenen Wissen (vgl. Abb. 5). Abschließend sind die selbst erstellten Poster (vgl. Abb. 5) dem Klassenverband vorzustellen und zu reflektieren.

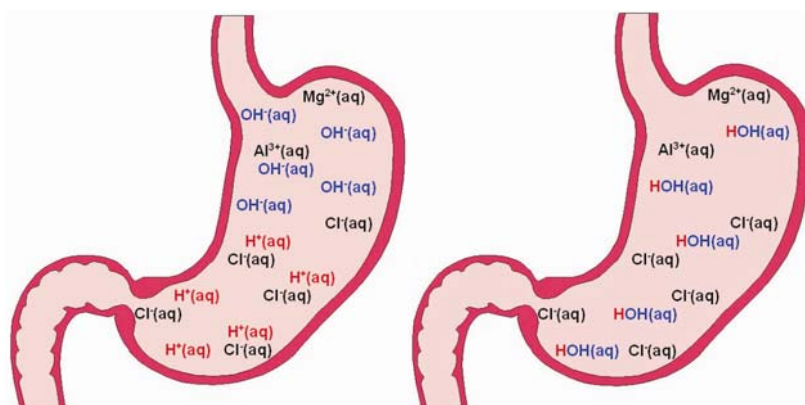


Abb. 3: Darstellung der Neutralisationsreaktionen zwischen Magensäure und Wirkstoffen des Medikaments Maaloxan® im ‚Modellmagen‘

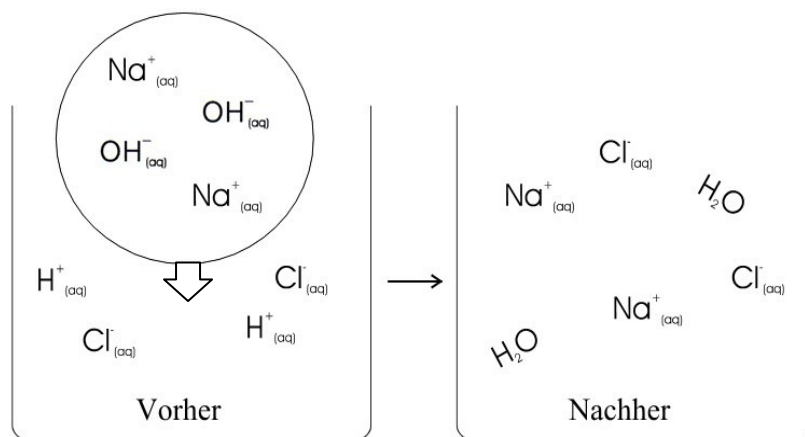


Abb. 4: Modellbechergläser einer Neutralisationsreaktion

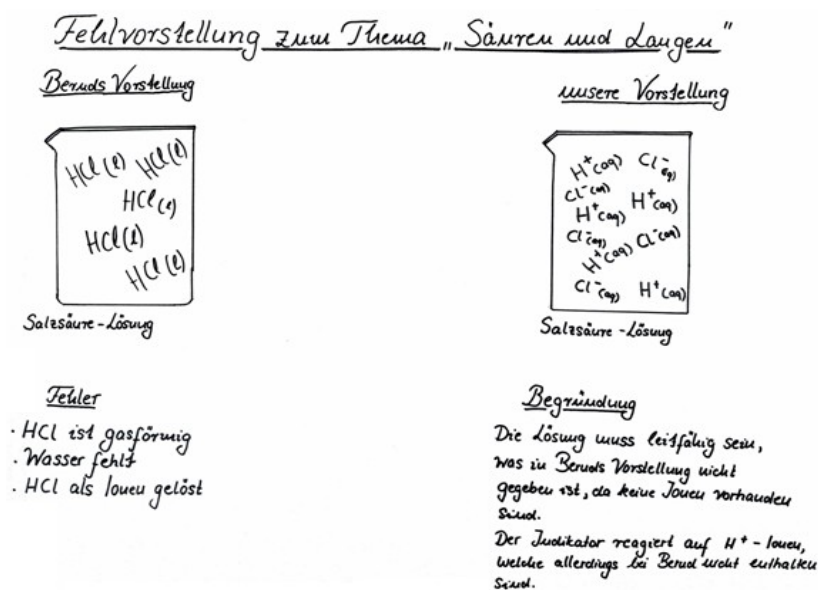


Abb. 5: Beispiel-Poster der Gruppenarbeit (Pilotstudie)

Ein wesentlicher Aspekt dieser Arbeitsphase ist, dass die Schüler auf der Grundlage der zuvor im Unterricht erworbenen wissenschaftlichen Sichtweise argumentieren und somit jeweils die Schwächen der einzelnen Fehlvorstellungen herausstellen. Die Lernenden durchdenken abschließend, dass es verschiedene Fehlvorstellungen zur Neutralisation gibt und die wissenschaftliche Modellvorstellung in der Lage ist, sie als Fehler zu erkennen und zutreffende Erklärungen anzubieten. Auf diese Weise lernen Schüler die weit reichende Tragfähigkeit der neu erworbenen Modellvorstellung kennen und ihr zu vertrauen.

Die detaillierte Unterrichtsplanung liegt im Institut für Didaktik der Chemie vor und kann von Interessenten angefordert werden.

### Durchführung und Ergebnisse der Pilotstudie

Die geschilderte Unterrichtseinheit wurde in den zwei Monaten Oktober und November 2007 in der 11. Klasse eines Gymnasiums durchgeführt, das Thema *Säuren, Basen, Neutralisation* war Inhalt des Lehrplans. Ein diesbezüglicher Fragebogen ist entwickelt und eingesetzt worden, um einerseits den jeweiligen Lernzuwachs zu dokumentieren, andererseits aber auch festzustellen, welche Fehlvorstellungen der Schüler zum jeweiligen Erhebungszeitpunkt vorliegen. Dazu war zum einen sowohl vor als auch nach der gesamten Unterrichtseinheit der Fragebogen auszufüllen (Pre-Test und Post-Test). Um ferner überprüfen zu können, inwiefern und in welchem Umfang die beschriebene Konfrontation mit Fehlvorstellungen zu deren Prävention beiträgt, wurde nach Vermittlung der Inhalte zur Neutralisation und vor der Diskussion in Schülergruppen eine weitere Erhebung durchgeführt (Mid-Test).

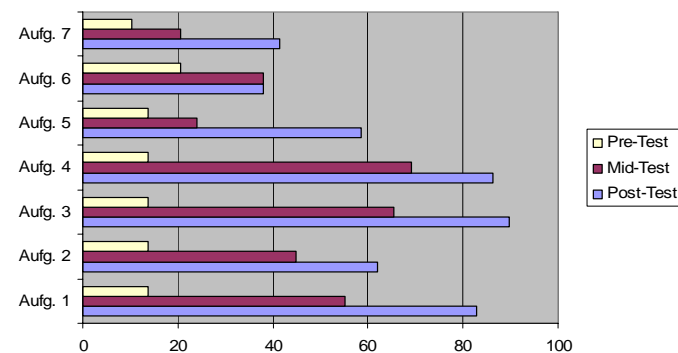
Der Fragebogen mit sieben Items beinhaltet keine Multiple-Choice-Aufgaben, sondern überwiegend Aufforderungen zu Modellzeichnungen bezüglich verschiedener Sachverhalte: auf diesem Weg sollte es möglich sein, Lernzuwachs und vorhan-

dene Fehlvorstellungen zu ermitteln. Der Fragebogen liegt für Interessenten im Institut für Didaktik der Chemie der WWU Münster vor. In der ersten Aufgabe wird danach gefragt, was die Lernenden allgemein unter einer Säure und Lauge verstehen. In der zweiten Aufgabe wird ein Becherglasmodell zum Ionengitter von Natriumchlorid vorgegeben und der Proband aufgefordert, seine Vorstellung von der Lösung und dem wieder kristallisierten Natriumchlorid in zwei leere Bechergläser zu zeichnen. Zu den Aufgaben 3 und 4 sind in vorgegebenen Modellbechergläsern die Vorstellungen zu beteiligten Teilchen in Salzsäure, Natronlauge und in der Lösung nach Neutralisation beider Lösungen zu zeichnen. In Aufgabe 5 soll die Neutralisation mit eigenen Worten beschrieben werden, in Aufgabe 6 werden entsprechende Reaktionsgleichungen gefordert. Aufgabe 7 beschäftigt sich mit der Funktion des verwendeten Indikators.

Die Ergebnisse der Pilotstudie liefern ein eindeutiges Bild (vgl. Tab. 1): dargestellt sind jeweils die korrekten Lösungen der Aufgaben im Fragebogen. Sowohl richtige Interpretationen als auch angemessene Anwendungen naturwissenschaftlicher Begriffe durch die Schüler steigern sich vom Pre-Test über den Mid-Test bis zum Post-Test.

Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass im Verlauf der durchgeführten Unterrichtseinheit die Zahl nachweisbarer Fehlvorstellungen kontinuierlich abnimmt. Insbesondere liefern die Daten Aufschluss darüber, ob die konkrete Konfrontation mit Fehlvorstellungen bei den Lernenden die Modellvorstellungen zusätzlich verbessern. Sie zeigen auch hier (vgl. Tab. 1), dass sich vom Mid-Test zum Post-Test die Lernerfolge bis auf eine Ausnahme (Aufgabe 6) verbessern. Dieser positive Effekt, also die Prävention bzw. die Korrektur von Fehlvorstellungen durch deren Thematisierung im Unterricht ist somit bereits durch die Pilotstudie nachgewiesen.

Tab. 1: Ergebnisse der Pilotstudie (richtige Antworten in Prozent)



### Das formalisierte Unterrichtsverfahren

Petermann, Friedrich und Oetken haben als Zusammenfassung „Das an Schülvorstellungen orientierte Unterrichtsverfahren“ formalisiert und sechs Phasen der Unterrichtsdurchführung unterschieden [1]. Die **1. Phase** ist der Unterrichtsvor-

reitung vorbehalten und gekennzeichnet durch die Berücksichtigung empirisch erhobener Schülervorstellungen zur Unterrichtsvorbereitung der jeweiligen Thematik. Diese Phase trifft sowohl auf die Berücksichtigung der Präkonzepte zu [1] als auch auf unserem Weg: die bekannten hausgemachten Fehlvorstellungen sollen reflektiert werden und im Unterricht zu deren Prävention führen. In der **2. Phase** ist bezüglich der Präkonzepte das „Hervorlocken der Schülervorstellungen“ vorgesehen [1]. Diese Phase wird bezüglich der hausgemachten Fehlvorstellungen übersprungen, weil in diesem Fall erst die wissenschaftliche Vorstellung vermittelt werden soll. Dementsprechend wird die „Phase der fachlichen Klärung“ als zweite Phase vorgezogen. Die **3. Phase** entspricht der Konfrontation mit Fehlvorstellungen und deren Korrektur durch die Lernenden. Die **letzten zwei Phasen** können ebenfalls so folgen, wie sie im formalisierten Unterrichtsverfahren vorgeschlagen werden [1].

### Folgerungen

Nachdem die Ergebnisse der Pilotstudie unter Berücksichtigung der jeweiligen Erkenntnisse und Erfahrungen in das gesamte Unterrichtskonzept eingearbeitet wurden, ist im Zeitraum März, April und Mai 2008 die Hauptuntersuchung durchgeführt worden. Wie in der Pilotstudie sind Pre-, Mid- und Post-Test erfolgt, darüber hinaus soll ein Retentionstest nach einem Jahr zeigen, ob die naturwissenschaftliche Sichtweise langfristig verankert werden konnte und dementsprechend eine Prävention von Fehlvorstellungen durch den Unterricht nachhaltig möglich ist. Über die Ergebnisse der Hauptstudie und des Retentionstests wird später berichtet [18].

Man kann bereits nach den ersten Daten der Pilotstudie postulieren, dass das Einbeziehen von bekannten Fehlvorstellungen in den Chemieunterricht zur Neutralisationsthematik einen sehr guten Unterrichtserfolg ausweist: Zu dieser Thematik kommen die bekannten Fehlvorstellungen nur als Übungen vor, in denen die Lernenden diese zur Vertiefung reflektieren. Inwieweit diese Ergebnisse auf andere Themen im Chemieunterricht übertragen werden können, ist abzuwarten. Zumindest ist ein Projekt geplant, um an einer neuen Thematik die Hypothese weitergehend zu bestätigen: „Das an Schülervorstellungen orientierte Unterrichtsverfahren“ bietet die Möglichkeit, die seit vielen Jahren erhobenen Präkonzepte und hausgemachten Fehlvorstellungen bezüglich vieler Themen erfolgreich zu eliminieren.

### Literatur

- [1] K. Petermann, J. Friedrich, M. Oetken, Das an Schülervorstellungen orientierte Unterrichtsverfahren. Inhaltliche Auseinandersetzung mit Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht, **CHEMKON 15** (2008) 110 – 118
- [2] H.-D. Barke, *Chemiedidaktik – Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen*, Berlin, Heidelberg, New York 2006
- [3] D. P. Ausubel, *Psychologie des Unterrichts*. Weinheim 1974
- [4] D. Treagust, Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science, *Int. Journal of Science Education* 10 (1988)
- [5] J. K. Gilbert, R. Justi, J. H. Driel, O. De Jong, D. Treagust, Securing a Future for Chemical Education, *CERP 1* (2004) 5 – 14
- [6] H.-D. Barke, G. Harsch, *Chemiedidaktik Heute. Lernprozesse in Theorie und Praxis*, Berlin, Heidelberg, New York 2001
- [7] A. Marohn, Ionenbildung durch Strom? – Eine an Schülervorstellungen orientierte und chemiegeschichtlich motivierte Unterrichtskonzeption, **CHEMKON 15** (2008) 75 – 84
- [8] H. Pfundt, Ursprüngliche Erklärungen der Schüler für chemische Vorgänge, *MNU 28* (1975) 157 – 162
- [9] A. Geisler, E. Sumfleth, Veränderung von Schülervorstellungen im Bereich Säuren und Basen, in: R. Brechel: *Zur Didaktik der Physik und Chemie*, Alsbach (1999)
- [10] H.-J. Schmidt, *Harte Nüsse im Chemieunterricht – Empirische Untersuchungen über Schülervorstellungen*, Frankfurt 1992
- [11] S. Musli, *Säure-Base-Reaktionen: Empirische Erhebung zu Schülervorstellungen und Vorschläge zu deren Korrektur*, Staatsexamensarbeit, Münster 2004
- [12] K. S. Taber, *Chemical misconceptions – prevention, diagnosis and cure*, London 2002 (Royal Society of Chemistry)
- [13] C. H. Hilbing, *Alternative Schülervorstellungen zum Aufbau der Salze als Ergebnis von Chemieunterricht – Eine lernpsychologisch orientierte qualitative Unterrichtsevaluation*, Münster 2003
- [14] N. Strehle, *Das Ion im Chemieunterricht – Alternative Schülervorstellungen und curriculare Konsequenzen*, Berlin 2007
- [15] H. R. Christen, G. Baars, *Chemie*, Frankfurt am Main 1997
- [16] D. Sauer mann, H.-D. Barke, *Chemie für Quereinsteiger*, Band 1, Münster 1997
- [17] P. Mahaffy, The Future Shape of Chemistry Education, *Chemistry Education, Research and Practice 3* (2004) 229-245
- [18] T. Dörfler, *Bedeutung und Notwendigkeit einer Berücksichtigung von Schülervorstellungen im Chemieunterricht*, Münster 2009
- [19] G. J. Posner, K. A. Strike, P. W. Hewson u.a., Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change, *Science Education* (1982) S. 211-217 und G. J. Posner, K. A. Strike, A Revisionist Theory of Conceptual Change, in: R. A. Duschl, R. J. Hamilton (Jrsg.), *Philosophy of science, cognitive psychology and educational theory and practise*, New York 1992, S. 147-176
- [20] I. Parchmann, S. Schmidt, Von erwünschten Verbrennungen und unerwünschten Folgen zum Konzept der Atome, *MNU 56/4* (2003) S. 214-221

Eingegangen am 25. Juli 2008  
Angenommen am 24. November 2008

