

„Die Teilchen saugen das Aroma aus dem Tee“

Alltagsvorstellungen und chemische Erklärungskonzepte

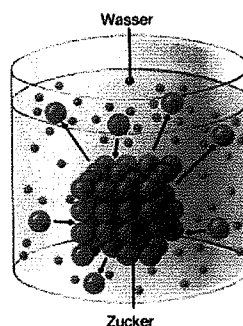
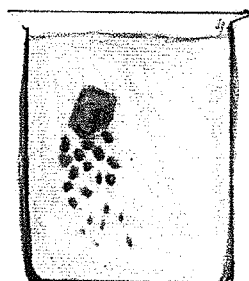
M. STEFFENSKY | I. PARCHMANN | S. SCHMIDT

Schüler greifen im und oft auch nach dem Chemieunterricht auf Vorstellungen zurück, die nicht mit den im Unterricht erarbeiteten Konzepten übereinstimmen. Diese lebensweltlichen Erklärungen werden zudem mit den wissenschaftlichen in einer Weise vernetzt, wie es in dem Zitat in der Überschrift deutlich wird. Solchen Vorstellungen begegnet man auch bei Studierenden der Naturwissenschaften, Personen verschiedener Berufsgruppen sowie in Medien gleichermaßen [1]. Konsequenzen können Lernschwierigkeiten sein, zeigen sich aber ebenso in allen Bereichen des persönlichen und gesellschaftlichen Lebens, etwa durch eine unsachgemäße Reflexion eigener oder politischer Entscheidungsprozesse oder einen unkritischen Umgang mit Informationen aus Medien.

Schüler haben in der Regel bereits vor dem Unterricht Vorstellungen zu Phänomenen und Begriffen entwickelt, die in den jeweiligen Unterrichtsfächern eine Rolle spielen. Diese Vorstellungen erwachsen aus sich wiederholenden Erfahrungen und Beobachtungen, aus der Alltagssprache, den Medien und gegebenenfalls dem vorangegangenen Unterricht. Zwei Beispiele sollen dies verdeutlichen:

Abb. 1 a) links: Schülerzeichnung, die die „Teilchen-in-Kontinuum-Vorstellung“ zeigt; b) rechts: Schulbuchdarstellung des Lösungsvorganges auf der Teilchenebene (zitiert nach [2]).

(1) Im Unterricht lernen Schüler, dass alle Stoffe diskontinuierlich aus kleinen Teilchen aufgebaut sind. Diese Erklärung steht jedoch im Widerspruch zu ihrer täglichen Wahrnehmung von Stoffen mit ihren Eigenschaften. Viele Schüler entwickeln ein Mischkonzept, bei dem sich zwischen den Teilchen das Medium Stoff befindet (Teilchen-in-Kontinuum-Vorstellung: „Zwischen den Sauerstoffteilchen ist Luft, die Wassermoleküle schwimmen im Wasser.“, Abbildung 1a). Abbildungen in Schulbüchern (1b) legen diese Vorstellung scheinbar ebenfalls nahe!



(2) Mit einer Verbrennung verbinden Schüler meist eine Vernichtung von Materie. Diese Annahme ist für den Alltag, wenn Dinge verbrennen, äußerst bedeutsam, im Chemieunterricht wird sie jedoch oft auf die Vernichtung von Masse und Materie fehlerhaft übertragen (Abbildung 2).

Wir möchten hier eine Auswahl bekannter Vorstellungen zu grundlegenden Konzepten der Chemie skizzieren sowie deren Bedeutung für das Lernen von chemischen Inhalten aufzeigen. Zum besseren Verständnis wird zunächst ein kurzer Überblick über Lernprozesse sowie über die mögliche Entstehung und Entwicklung von Schülervorstellungen gegeben.

Entstehung von Wissen und Entwicklung von Schülervorstellungen

Heute allgemein akzeptierte Lerntheorien gehen davon aus, dass eine Veränderung bzw. Erweiterung von vorhandenen Vorstellungen und Konzepten nur möglich ist, wenn sie bewusst thematisiert und in Frage gestellt werden und wenn Schüler zu einer aktiven Auseinandersetzung mit verschiedenen Erklärungsmodellen angeregt werden [3]. Die bereits vorhandenen Vorstellungen bilden den Rahmen, mit dem neue Informationen interpretiert und in den sie eingebettet werden. Dies geschieht oftmals nicht in der von einem Lehrenden erwünschten Weise. Missverständnisse, Fehlvorstellungen oder gar keine Aufnahme der angebotenen Informationen können die Folge sein (Abbildung 3).

Für das Zustandekommen fehlerhafter Vernetzungen und die Entwicklung von „Fehlvorstellungen“ werden derzeit drei Theorien diskutiert.

(1) Vosniadou [5] nimmt an, dass Individuen in ihrer kognitiven Entwicklung Rahmentheorien zur Erklärung ihrer Umwelt entwickeln, dabei ähneln sich die Rahmentheorien verschiedener Individuen stark. Schüler zeichneten in Untersuchungen zu Vorstellungen über die Erde beispielsweise in eine runde Erdkugel – das im Unterricht erarbei-

tete Modell – eine Scheibe ein, auf der die Menschen leben (Abbildung 4).

Vosniadou beschreibt diese Vorstellungen als synthetische Modelle, die entstehen, weil neue Konzepte und Erklärungsmodelle mit vorhandenen Rahmentheorien (falsch) verbunden werden. Dieses Hilfskonstrukt lässt sie an ihrer Vorstellung, auf einer flachen Erdscheibe und nicht etwa unter einer Kugel zu stehen, festhalten.

Die Teilchen-im-Kontinuum-Vorstellung ist auch ein Beispiel für ein solches Mischkonzept. Die Beharrlichkeit von Rahmentheorien ist auch aus der geschichtlichen Entwicklung der Naturwissenschaften bekannt. So haben im 17. Jahrhundert neue experimentelle Erkenntnisse zur Untersuchung der Masse keineswegs unmittelbar zur Abkehr von der Phlogistontheorie geführt. Vielmehr haben deren Anhänger diese zunächst zu retten versucht, indem sie die neuen Ergebnisse mit ihren alten Annahmen – aus heutiger Sicht wenig überzeugend – in Verbindung brachten.

(2) Chi et al. [5] postulieren in durchaus vergleichbarer Weise inadäquate Vernetzungen, die sie als Kategorisierungsfehler bestimmter entwickelter ontologischer (Unter-)Kategorien bezeichnen.

Man findet gerade bei jüngeren Schülern häufig anthropomorphistische Aussagen, z.B. die Annahme eines Willens („Die Giraffe wollte einen längeren Hals bekommen.“, „Das Außenelektron des Natriums will weg, weil es so einsam ist.“) oder einer Kraft („Die Teilchen saugen das Aroma aus dem Tee.“). Auch die Vorstellung von Eigenschaften (Immaterial properties), die ohne Stoffänderung „übertragen“ oder „verändert“ werden können, kann einer falschen Kategorisierung zugeschrieben werden. „Rostiges Eisen“ ist immer noch „Eisen“ – nur andersfarbig, „Aceton ist Wasser mit der Eigenschaft stechender Geruch“ [6] und „Tee überträgt sein Aroma auf die kleinsten Teilchen des Wassers“ [7].

(3) Die persönliche Konstruktion von neuem oder erweitertem Wissen hängt jedoch nicht nur vom Vorwissen, sondern ebenso von der jeweiligen Situation und dem Lernkontext sowie dem Austausch mit anderen Personen ab [3], was in der dritten hier skizzierten Theorie von Caravita & Halldén berücksichtigt wird [5].

Hier wird die Kontextzuordnung als ein weiterer Faktor für die Entstehung von Mischvorstellungen oder die (fehlerhafte) Anwendung von Erklärungskonzepten aufgeführt. Nach diesem Modell sind Vorstellungen nicht per se falsch oder richtig, sondern abhängig von der jeweils sinnvollen Anwendung in einem bestimmten Kontext oder in einer bestimmten „Community“, etwa im Alltag, unter Wissenschafflern oder im Unterricht (vgl. auch Abb. 2).

Ziel eines erfolgreichen Unterrichts muss nicht das Ersetzen von Alltagsvorstellungen sein, sondern vielmehr die Vernetzung dieser Vorstellungen mit wissenschaftlichen Erklärungskonzepten: Wie kann Verbrennung vernichten und gleichzeitig Masse und Materie erhalten bleiben? Internationale Vergleichsstudien wie PISA bescheinigen deutschen Schülern gerade im Bereich des anwendbaren Konzeptverständnisses, also der Übertragung oder Anwendung fachlicher Konzepte auf außerunterrichtliche Situationen, Defizite [8].

Schülervorstellungen in der Chemie

Im Folgenden werden eine Auswahl von bekannten Vorstellungen im Zusammenhang mit dem Teilchenkonzept, der chemischen Reaktion und den Erhaltungssätzen beschrieben.

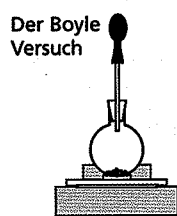
Teilchenkonzept

Der diskontinuierliche Aufbau der Materie ist ein zentrales Konzept der Chemie. Die Annahme, dass Materie aus kleinen Teilchen aufgebaut ist, die sich unablässig bewegen und zwischen denen materiefreier Raum ist, entspricht nicht unseren Alltagserfahrungen, die eine Kontinuum-Vorstellung nahe legen. Außer den beschriebenen Teilchen-in-Kontinuum-Vorstellungen bereitet vielen Schülern insbesondere die korrekte Verknüpfung der sichtbaren Ebene der Gegenstände

und Stoffe mit der Ebene der Teilchen Schwierigkeiten. So werden z.B. Eigenschaften von Stoffen auf Atome übertragen („Schwefelatome sind gelb.“, „Die Zuckerteilchen werden flüssig.“, „Stoffe dehnen sich beim Erhitzen aus, weil die Teilchen sich ausdehnen.“) [3]. Diese Schwierigkeit ergibt sich z.T. auch aus dem oft verwendeten sehr unspezifischen – und kritisch diskutierten [z.B. 2] – Teilchenbegriff, der in der Alltagssprache eine andere Verwendung hat. Lernende gehen oftmals davon aus, dass „kleine Teilchen“ durch das *Zerteilen* einer Stoffportion entstehen. Dann müssen die „Teilchen als Bruchstücke“ zwangsläufig die Eigenschaften des Stoffes aufweisen.

Nicht unbedingt die Akzeptanz von „Teilchen“ stellt hier eine Lernschwierigkeit dar, sondern vielmehr die Tatsache, dass diese Teilchen den Stoff bilden und nicht etwa in ihm enthalten sind, dass sie nicht erst durch Lösungsprozesse o.ä. Vorgänge entstehen und dass sie andere Eigenschaften aufweisen als die Stoffe, dennoch aber die Wahrnehmung und Messung von Stoffeigenschaften (mit) bedingen. Als Konsequenz für die Entwicklung eines grundlegenden und anwendbaren Verständnisses der Stoff-Teilchen-Beziehungen fordern viele Autoren [z.B. 9] daher eine konsequente

ABB. 2



< Der Kontext entscheidet – Verbrennung vernichtet?

Edukten und Produkten an und beschreiben den Gleichgewichtszustand als statisch, in dem die Reaktionen zum Erliegen gekommen sind. Teilweise wird die Gleichgewichtslage sogar als „räumliche“ Verteilung vermutet oder angenommen, dass die Rückreaktion erst einsetzt, wenn die Hinreaktion vollständig abgelaufen ist. Hin- und Rückreaktion werden damit nicht als Teile eines sich im Gleichgewichtszustand befindenden chemischen Systems wahrgenommen, sondern eher als zwei separate unabhängige Ereignisse [15].

Ausblick

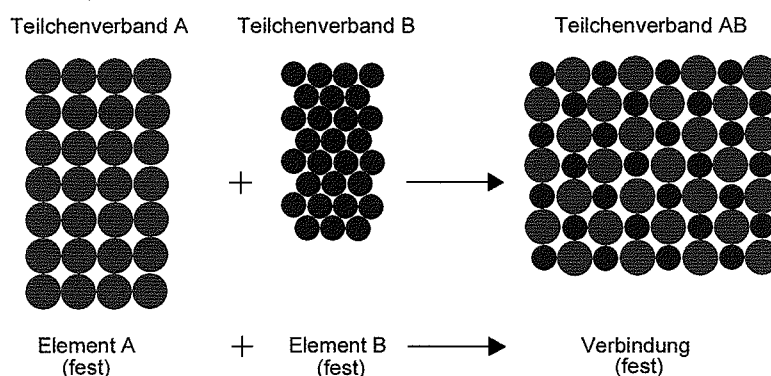
Es gibt eine Bandbreite von sehr unterschiedlichen Vorstellungen, die z.B. unterschiedlich (tief) verankert sein können. Solche Vorstellungen spielen nicht nur in den Naturwissenschaften, sondern auch in den geistes- oder sozialwissenschaftlichen Fächern eine Rolle. So stellt man im Geschichtsunterricht häufig fest, dass Schüler gedanklich stark in der Gegenwart verhaftet sind und geschichtliche Konstrukte als Analogie zur Gegenwart entwerfen [16].

Fachsprache und Alltagssprache

Voraussetzung für einen erfolgreichen Lernprozess ist die aktive Auseinandersetzung mit den eigenen und alternativen Konzepten. Neue oder erweiterte Konzepte müssen sich in verschiedenen für die Lernenden relevanten Situationen bewähren, um ein „Zurückfallen“ in zuvor bewährte Konzepte zu vermeiden. Untersuchungen zeigen aber, dass eben dies nach dem Schulunterricht oft der Fall ist [17]. Die Ursache dafür mag in einem fehlenden fachlichen Verständnis liegen, ebenso aber auch darin, dass vorunterrichtliche Konzepte zur Erklärung im Alltag oftmals (scheinbar?) ausreichen und eine Anwendung der im Unterricht erworbenen Kenntnisse nicht notwendig erscheint. Für eine naturwissenschaftliche Grundbildung, die für einen verantwortungsvollen und nachhaltigen Umgang mit der uns umgebenden Welt unerlässlich ist, sind die neu zu lernenden Konzepte entscheidend. So machen die Ausdrücke Energieverbrauch, für den man bezahlen muss, und Energieerzeugung in Alltagskontexten durchaus Sinn, auch wenn sie für eine wissenschaftliche Betrachtungsweise im Physikunterricht ungeeignet und irreführend sind. Manche Autoren schlagen deshalb vor, den Begriff „Energieentwertung“ zu nutzen oder den Entropiebegriff früher einzuführen [18]. Auch in der Chemie gibt es Beispiele, wo die Fachsprache nicht im Einklang mit der Alltagssprache steht, so ist der „aufgelöste Zucker“ im Chemieunterricht eben nicht *aufgelöst*, sondern nur *gelöst*.

Als Konsequenz kann natürlich nicht die Änderung der Alltagssprache gefordert werden. Weder im alltäglichen Gebrauch allein noch in der Kommunikation zwischen Chemikern stellen die genannten Äußerungen ein Problem dar. Anfänger können sie jedoch im Lernprozess irritieren und stören, dementsprechend wichtig ist die Thematisierung und Reflexion dieser sprachlichen „Gegensätze“. Gerade die Übertragung von Kenntnissen und Gesetzmäßigkeiten vom Kontext des Unterrichts auf den Alltagskontext ist ent-

ABB. 5



Mischung von Kupfer- und Schwefelatomen zur Bildung von Kupfersulfid: Kupfersulfid ist ein („Atom“)-Gemisch [12].

scheidend, um die Bedeutung des Chemieunterrichts zu stärken und anwendbares Wissen anstelle eines „trägen Wissens“ entwickeln zu können. Die Schwierigkeiten mit bestimmten Begrifflichkeiten, z.B. Energie, wird zusätzlich durch die unterschiedlichen und sich teilweise widersprechenden Begriffsverständnisse der drei Naturwissenschaften verstärkt [18].

Konsequenzen für Ausbildung und Forschung

Trotz zahlreicher Publikationen (über 5000!, vgl. [19]) über Schülervorstellungen hat die Beschäftigung mit diesen Konzepten bislang nur wenig Konsequenzen für die schulische und noch weniger für die universitäre Ausbildungssituation nach sich gezogen. Zwar betreffen die hier aufgeführten Beispiele grundlegende chemische Konzepte und mögen bei fortgeschrittenen Schülern oder Studierenden eine geringere Rolle spielen, Untersuchungen mit Erwachsenen zeigen aber vergleichbare Schwierigkeiten, weshalb auch für z.B. Hochschuldozenten eine Auseinandersetzung mit dem Thema von Interesse sein sollte. Gerade auch für die Vermittlung von Wissenschaft in der Öffentlichkeit kann die Kenntnis solcher Vorstellungen hilfreich sein.

In der Literatur sind einige Vorschläge für Unterrichtsgänge auf der Basis von Alltagsvorstellungen beschrieben worden, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann [z.B. 2]. Zwei Faktoren sind dabei entscheidend: Zum einen müssen die Vorstellungen ernst genommen und beim Planungsprozess berücksichtigt werden. Zum anderen müssen die Lernenden zu einer aktiven Auseinandersetzung angeregt werden, was auch die Reflexion über den Lernprozess einschließt.

Außer der weiteren Untersuchung von Vorstellungen von Schülern zu bestimmten Teilbereichen, erscheint es uns sinnvoll, konkrete Lernsituationen und Instrumente zu entwickeln oder weiterzuentwickeln, die Lehrkräften und Lernenden ein Aufzeigen und eine Auseinandersetzung mit ihren und mit (vereinfachten) wissenschaftlichen Vorstellungen in einem normalen Unterrichtsprozess ermöglichen [6].

Derartige Untersuchungen, die in enger Zusammenarbeit von Fachdidaktik, Erziehungswissenschaft und Psychologie durchgeführt werden müssen, sind sowohl für die erfolgreiche Gestaltung von Lernprozessen als auch für die Entwicklung eines naturwissenschaftlichen Grundverständnisses („Scientific Literacy“) in breiten Teilen der Bevölkerung bedeutsam.

Zusammenfassung

Ein wichtiges Forschungsgebiet in der Fachdidaktik sind Erklärungskonzepte und Vorstellungen, die Schüler zu grundlegenden Konzepten oder Phänomenen der Chemie haben oder entwickeln. Manche dieser Vorstellungen stimmen nicht mit den fachlichen Erklärungskonzepten überein, z.B. die Übertragung makroskopischer Eigenschaften wie Farbe auf submikroskopische Teilchen. Häufig greifen Schüler auch nach dem Chemieunterricht auf ihre ursprünglichen Erklärungen zurück. Der Beitrag stellt exemplarisch Alltagskonzepte und deren mögliche Ursachen zu grundlegenden Konzepten der Chemie dar.

Summary

Much recent research in the educational field has been concerned with finding out the ideas which learners typically hold to explain phenomena and fundamental ideas in chemistry. Some of these conceptions do not correspond with the scientific view, for example the transfer of properties from the level of substances onto the level of particles. Many students fall back on their original conceptions outside the classroom. Examples of those daily-life concepts and their development are presented here.

Schlagworte

Chemieunterricht, Didaktik, Schülervorstellungen

Literatur

- [1] vgl. Flint et al., in Vorb.: Alltagsverständnis von Chemiestudierenden.
- [2] I. Eilks und J. Möllering, *MNU* 2001, 54, 240.
- [3] P. Häußler, W. Bünder, R. Duit, W. Gräber und J. Mayer, *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung – Perspektiven für die Unterrichtspraxis*, IPN, Kiel, 1998, S. 169.
- [4] K. Taber, *Chemical misconceptions – prevention, diagnosis and cure*, Vol II, RSC 2002, 1 (Titelblatt).
- [5] R. Stark, Conceptual Change: kognitivistisch oder kontextualistisch?, *Forschungsbericht 149*, LMU München, Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie, 2002.
- [6] R. Stavy, *JRST* 1990, 27, 247.
- [7] S. Schmidt, D. Rebentisch und I. Parchmann, *Chemkon* 2003, 10, 6.
- [8] J. Baumert et al., *Pisa 2000*, 2001, Opladen, Leske und Budrich.
- [9] P. Buck, *Chem. Sch.* 1994, 41, 460.
- [10] S. Schmidt und I. Parchmann, *MNU* 2003, 56, 214.
- [11] I. Parchmann, R. Demuth, B. Ralle, A. Paschmann und H. Hunte-mann, *PaN-Ch.* 2001, 50/1, 2.
- [12] K. Häußler, P. Pfeifer und H. Schmidkunz, *Elemente der Zukunft-Chemie*, München 1996, S. 23.
- [13] T. de Vries, M. Oetken und A. Paschmann, *Chemkon* 2002, 9, 95.
- [14] M. Nieswandt, *ZfDN* 2001, 7, 33.

- [15] *Chemical Education: Towards Research-based Practice*, 1. Aufl. (Hrsg.: J. K. Gilbert, O. de Jong, R. Justi, D. F. Treagust, J. H. van Driel), Klüver Dordrecht 2004.
- [16] H. Günther-Arndt, *Historisches Lernen und Wissenserwerb in: Geschichtsdidaktik*. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II, (Hrsg.: H. Günther-Arndt) Berlin 2003, S. 23.
- [17] E. Sumfleth, *MNU* 1992, 45, 410.
- [18] MNU: Naturwissenschaften besser verstehen, Lernhindernisse vermeiden. Anregungen zum gemeinsamen Nutzen von Begriffen und Sprechweisen in Biologie, Chemie und Physik (Sekundarbereich I). *MNU* 2004, 57.
- [19] www.card.unp.ac.za (14.04.04).

Die Autorinnen



Silvia Schmidt, Jg. 1971, ist Lehrerin für Chemie und Biologie am Gymnasium Athenaeum Stade. Sie studierte in Oldenburg Chemie und Biologie für das Lehramt an Gymnasien. Seit April 2001 ist sie Mitarbeiterin im Graduiertenkolleg „Fachdidaktische Lehr-Lernforschung – didaktische Rekonstruktion“ der Universität Oldenburg und untersucht schwerpunktmäßig Schülerkonzept-/vorstellungen und ihre Veränderungen durch einen Unterricht nach Chemie im Kontext in der Sekundarstufe I.



Mirjam Steffensky, Jg. 1970, hat in Hamburg und Newcastle Chemie studiert und auf dem Gebiet der chemischen Ökologie promoviert. Anschließend war sie von 2000-2002 bei Wiley-VCH als Redakteurin tätig. Seit 2002 hat sie eine Juniorprofessur in der Chemie-Didaktik an der Universität Lüneburg inne. Schwerpunkte ihrer Arbeit sind u.a. Chemie in der Primarstufe sowie Mädchen im Chemieunterricht.



Ilka Parchmann, Jg. 1969, hat in Oldenburg Chemie und Biologie für das Lehramt an Gymnasien studiert und im Arbeitskreis von Prof. Dr. W. Jansen promoviert. Ihr Referendariat absolvierte sie am Studien-seminar in Wilhelmshaven. Danach war sie wissenschaftliche Assistentin am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN) an der Universität Kiel. 2002 übernahm sie eine Professur für Didaktik der Chemie am IPN. Seit September 2004 hat sie eine Professur für Chemie-Didaktik an der Universität Oldenburg inne. Ihre Forschungsgebiete sind u.a. Lehr-Lern-Prozesse im Chemieunterricht sowie Untersuchungen zur Implementation veränderter Ansätze der Unterrichtsgestaltung.

Korrespondenzadresse:

Dr. Mirjam Steffensky, Institut für Ökologie und Umweltchemie, FB Umweltwissenschaften, Universität Lüneburg, Scharnhorststr. 1, D-21335 Lüneburg. steffensky@uni-lueneburg.de