

FACHDIDAKTIK

IMST

IMST NEWSLETTER

2

Was Fachdidaktiken sind und was sie wollen

4

Artikel aus Wissenschaft und Schulpraxis zu den Fächern Biologie, Chemie, Deutsch, Mathematik und Physik

EDITORIAL

Die Stärkung der Fachdidaktik in Österreich war und ist zentraler Bestandteil der Bemühungen des österreichweiten Projekts IMST. Insbesondere auf struktureller Ebene konnten in den vergangenen Jahren bemerkenswerte Erfolge erzielt werden: Die vorgeschlagene Einrichtung von österreichweiten Kompetenzzentren für Fachdidaktik wurde ab 2005 umgesetzt. An der Universität Wien sind nunmehr Kompetenzzentren für Biologie, Chemie und Physik, an der Alpen-Adria-Universität Klagenfurt für Deutsch und Mathematik eingerichtet. Darüber hinaus fungiert auch das Institut für Unterrichts- und Schulentwicklung (IUS) als Austrian Educational Competence Centre (AECC, so die Bezeichnung der Kompetenzzentren). Gleichzeitig entstehen österreichweit auch so genannte Regionale Fachdidaktikzentren.

Um die inhaltliche Arbeit und die Zugänge der AECC österreichischer Lehrer/innen vorzustellen, wurde der IMST-Newsletter „Fachdidaktik“ gestaltet. Allen AECC gemeinsam ist das Bemühen um fachdidaktische Forschung und Lehre. Mit welchen Herausforderungen, Zielen und Methoden dies erfolgt, soll einleitend im Artikel von Anja Lembens und Werner Peschek unter dem Titel „Was Fachdidaktiken sind und was sie wollen“ sichtbar werden.

Fachdidaktiker/innen und Lehrer/innen stellen in den darauf folgenden Artikeln jeweils aus der Sicht der Wissenschaft und der Schulpraxis die besonderen Zugänge zu ihren Fächern bzw. Praxisbeispiele dar. Der Newsletter zeigt dabei die unterschiedlichen Perspektiven der

Fächer auf: Während Franz Radits und Franz Rauch (Biologie) Szenen aus dem Schulalltag biologiedidaktisch kommentieren, beschäftigt sich Anja Lembens (Chemie) mit Stolpersteinen beim Lehren und Lernen von Chemie. Werner Wintersteiner (Deutsch) betrachtet den Deutschunterricht unter einer politischen Dimension. Darauf folgend erläutert Werner Peschek (Mathematik) in einem Interview von Edith Schneider Frequently Asked Questions (FAQ) zur Mathematikdidaktik. Schließlich stellt Martin Hopf (Physik) in seinem Artikel die Frage: „Warum ist Physiklernen so schwierig?“

Stärkere Praxisbezüge stellen die Artikel der Lehrer/innen (und teilweise Mitarbeiter/innen in den AECC) her: Heidemarie Amon betrachtet den Biologieunterricht unter dem Aspekt der Alltagsvorstellungen der Schüler/innen. Gerhard Kern reflektiert den Chemieunterricht unter dem Titel „Vom Wissen zum Handeln“. Die Vielfalt des Lesens als Herausforderung und Chance beleuchtet Gabriele Fenkart in ihrem Artikel. Einen persönlichen Blick als Lehrer wirft Bernhard Kröpfl auf die Mathematikdidaktik. Schließlich bearbeitet Gerhard Rath ein zentrales fachdidaktisches Thema des Physikunterrichts unter dem Titel „Was ist eigentlich elektrischer Strom?“

Fachdidaktische Unterstützung bietet von Seiten des Projekts IMST auch der IMST-Fonds. Unterrichts- und Schulprojekte können ganzjährig unter www.imst.ac.at/fonds eingereicht werden!

Wir wünschen Ihnen eine anregende Lektüre!
Anja Lembens, Werner Peschek & Konrad Krainer





Was Fachdidaktiken sind und was sie wollen

von **Anja Lembens** und **Werner Peschek**¹

Kurz und salopp formuliert meint Fachdidaktik die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit allen Fragen und Problemen des Lehrens und Lernens des jeweiligen Faches. Sie gilt als die Wissenschaft vom Lehren und Lernen in allen Formen und auf allen Stufen. Fachdidaktik beschäftigt sich mit der Frage, mit welchen Theorien Lernprozesse didaktisch bedeutsam rekonstruiert und wie wirksame Lernsituationen konzipiert werden können. Folglich bezieht sie sich auf alle für das Lehren und Lernen maßgeblichen Wissenschaften. Fachdidaktik ist also eine Integrationswissenschaft, die immer Theorie und Lehre zugleich ist. Damit geht Fachdidaktik als Wissenschaft aber auch deutlich über das hinaus, was Lehrer/innen für ihre alltägliche unterrichtliche Arbeit unmittelbar benötigen. Umgekehrt lässt sich Lehrertätigkeit nicht ausschließlich auf fachdidaktische Aspekte reduzieren. Und noch eines sei hier angemerkt: „Die“ Fachdidaktik im Sinne einer verbindlichen Methodenlehre gibt es nicht und kann es auch nicht geben. Dennoch möchten wir in der jeweiligen Fachdidaktik *die Berufswissenschaft* von Lehrer/innen sehen.

Lehrer/innen benötigen in zunehmendem Maße ein theoretisch begründetes Reflexions- und Konstruktionswissen, um den Aufgaben und Herausforderungen ihrer Praxis gerecht zu werden sowie begründet handeln und entscheiden zu können. In der aktuellen Diskussion um die Lehrerbildung werden die jeweiligen Fähigkeiten, die Reflexion und Handlung ermöglichen, als Kompetenzen bezeichnet. In unseren deutschsprachigen Nachbarländern verknüpft sich der Kompetenzbegriff in letzter Zeit verstärkt mit der Diskussion um Standards in der Lehreraus- und -weiterbildung. Allerdings werden diese Kompetenzen oft als bloße Fähigkeiten und Fertigkeiten im Sinne von Techniken verstanden, die sozusagen das „Handwerkszeug“ der Lehrer/innen ausmachen, das man sich einfach aneignen und dessen Qualität einfach gemessen werden kann. Dieses Verständnis von Lehrkompetenzen greift deutlich zu kurz.

So wird in der Lehreraus- und noch mehr in der -weiterbildung *Berufswissenschaft* nicht selten als *Berufsausbildung* fehlinterpretiert, was zu entsprechenden Enttäuschungen bezüglich der „Brauchbarkeit“ der Didaktik des eigenen Faches führt. Weil Lernen ein komplexes, in hohem Maße interaktives, situations- und beteiligtenabhängiges Geschehen ist, reicht es nicht aus, den Lehrenden direkt im Unterricht einsetzbare Werkzeuge und methodische Tricks zur Verfügung zu stellen. Vielmehr bedarf es, über die Handwerkskunst des Lehrens hinaus, der Reflexion bewährten Erfahrungswissens vor dem Hintergrund neuer Erkenntnisse, die die Fachdidaktiken, empirisch abgesichert und theoretisch fundiert, bereitstellen. Ein „Anbieten von Rezepten mit Erfolgsgarantie“ würde Lehrpersonen ihre Expertise und Professionalität in fachlichen und fachdidaktischen Belangen absprechen und sie dadurch zu Handlangern degradieren.

Ein – zugegeben überzeichneter – Vergleich mit einem anderen Fach („Methode der Verfremdung“) verweist auf die Unangemessenheit derartiger Erwartungen:

„Stellen Sie sich vor, Sie studieren Wirtschaftswissenschaften und hören eine Vorlesung zur Einführung



¹ Anja Lembens ist Professorin für Chemiedidaktik und leitet das AECC Chemie (Universität Wien).
Werner Peschek ist Professor für Mathematikdidaktik und leitet das AECC Mathematik (Alpen-Adria-Universität Klagenfurt).



in die Grundlagen dieser Disziplin und Ihr Nachbar, um Sie einmal aus dem Spiel zu lassen, krakelte los, er wolle ein erfolgreicher, ja ein reicher Manager werden, einen überbeurteilten Aktenkoffer habe er sich schon zugelegt, aber der Porsche fehle noch, und nun wolle er endlich präzise Auskünfte, wie er es denn dahin brächte, ja ein bisschen Vokabular und Training brauche man ja schon, also her damit“ (Jahnke, 2008, S. 15).

Die Fachdidaktik erfüllt die im obigen Zitat angeführten Erwartungen nicht oder nur in geringem Maße: Sie lehrt nicht in erster Linie Unterrichten, was von (angehenden) Lehrer/innen vorrangig, selbstverständlich und unabdingbar erwartet wird. Stattdessen fragt Fachdidaktik zum Beispiel danach, was guter Unterricht ist (z.B. Jank & Meyer, 2005; Meyer, 2004) und auf welchen normativen Wertsetzungen und empirischen Erkenntnissen dieses ‚gut‘ beruht. Statt Lehrpläne in Beispiele und Arbeitsblätter umzusetzen, fragt sie, was überhaupt vom jeweiligen Fach zu welchem Zweck unterrichtet werden sollte und regt damit an, die Bildungswürdigkeit von Unterrichtsgegenständen zu hinterfragen. Statt fertige Unterrichtssequenzen zu präsentieren, fragt sie, nach welchen Maximen unterrichtet werden sollte. Welche Ziele sollte schulischer Unterricht verfolgen? Unter welchen Bedingungen und mit welchem Bild des jeweiligen Faches sollte das Arbeiten in der Schule geschehen? Mit welcher Sicht von Schule, von Lernen, von Jugendlichen und von der Gesellschaft machen wir Schule (vgl. auch Jahnke, 2008, S. 18)?

Spätestens hier wird deutlich, dass Fachdidaktik mehrere Bezugswissenschaften benötigt, um diesen Perspektivenreichtum bewältigen zu können. Das macht Fachdidaktik spannend, aber auch anspruchs-

voll und schwierig, müssen doch Weltbilder, Konzepte und Erkenntnisse verschiedener Disziplinen miteinander verknüpft und zu einem neuen, sinnvollen Konstrukt verwoben werden.

Fachdidaktik meint sehr wesentlich die Reflexion des jeweiligen Faches, seiner Genese, seiner Erscheinungsform, seiner gesellschaftlichen Einbettung, Rolle und Bedeutung, seiner Entwicklungsmöglichkeiten sowie seiner Möglichkeiten, Beiträge zur individuellen und gesellschaftlichen Bildung zu leisten. Das Berufsethos von Lehrer/innen fordert eine kritische Reflexion des eigenen Menschenbildes und der eigenen Einstellungen (Beliefs) sowie die Fähigkeit, das unterrichtliche Handeln an empirische Erkenntnisse rückbinden und kontinuierlich verbessern zu können. Im Rahmen dieser Reflexionskategorien erlangen die „praktischen“ Fähigkeiten dann ihren Stellenwert. Reflexion erfordert Innehalten, Nachdenken über Dinge, die nicht unmittelbar einsehbar sind, etwas aus der Distanz zu betrachten (in das man selbst stark involviert ist) etc. All das scheint sich nicht gut mit der in 50-Minuten-Einheiten getakteten Tätigkeit von Lehrer/innen zu vertragen und auch nicht mit einer auf rasche Fachidentifikation und Fachsozialisation ausgerichteten Ausbildung von Lehrer/innen.

Die Beiträge in dieser Ausgabe möchten das Profil, die Nützlichkeit und die Notwendigkeit der Fachdidaktiken sichtbar werden lassen und dazu anregen, vermehrt fachdidaktische Erkenntnisse für die eigene Praxis zu nutzen. Zu den bereits mit AECCs ausgestatteten „IMST-Fächern“ finden Sie je zwei Artikel, die aus der Fach- und aus der Praxissicht beleuchten, was Fachdidaktik ist und zu bieten hat. Die Zugänge sind sehr vielfältig und höchst individuell, so ermöglichen sie den Leser/innen Einblicke aus verschiedenen Perspektiven und auf ganz unterschiedliche Ebenen der Fachdidaktiken.

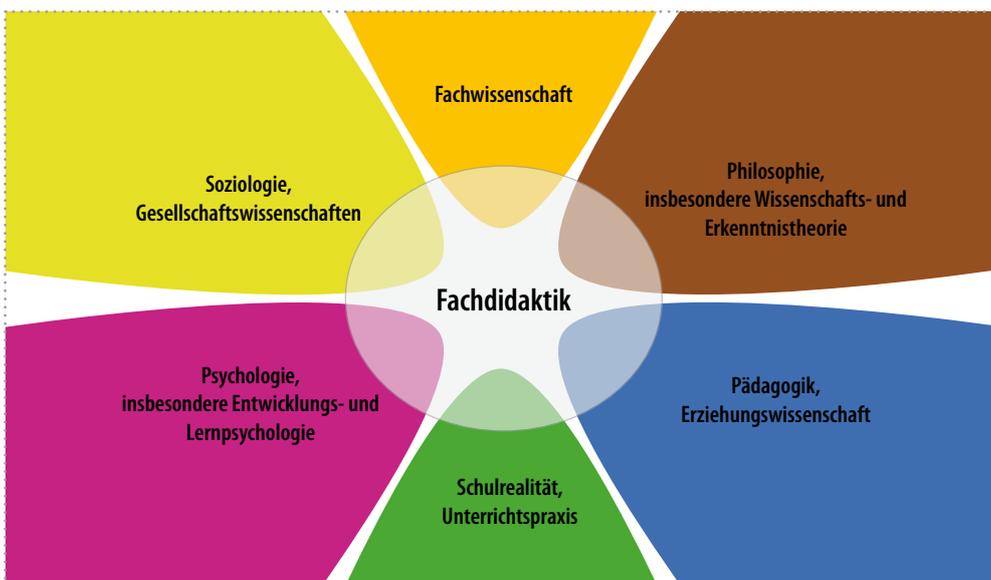


Abbildung 1: Fachdidaktik ist eine Integrationswissenschaft

Literatur:

- Jahnke, Th. (2008). Rede an Hörerinnen und Hörer der Vorlesung „Einführung in die Mathematikdidaktik“. *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*, (85), 15-19.
- Jank, W. & Meyer, H. (2005). *Didaktische Modelle*. Berlin: Cornelsen Verlag Scriptor.
- Meyer, H. (2004). *Was ist guter Unterricht?* Berlin: Cornelsen Verlag Scriptor.

BIOLOGIEDIDAKTIK

von **Franz Radits**
und **Franz Rauch**¹



Biologiedidaktik ruft Biologieunterricht

Biologie & Umweltkunde ist ein Lerngegenstand – aber was heißt lernen?

Szene eins: Eine Mutter, aus bildungsnahem Milieu, kam aufgeregt in meine Sprechstunde und protestierte gegen das „Befriedigend“, das ich ihrem Sohn in der sechsten Klasse gab. Es sei das zweite Befriedigend. Das in Englisch verstehe sie ja, aber das in einem Lerngegenstand wie Biologie nicht. Ich solle ihr nur sagen, was er lernen solle, er lerne das sicher. Ich zeigte ihr einige Aufgabenstellungen, bei deren Erarbeitung ihr Sohn eben durchschnittlich abschnitt. Diese glichen einer Aufgabenstellung, die in Deutschland zur Erfassung der Bildungsstandards im Fach Biologie verwendet werden:

Seit drei Monaten steht im Klassenzimmer an einem hellen Platz ein versiegeltes Aquarium. Es handelt sich um ein verschlossenes Wasserglas, das mit 800ml Wasser gefüllt ist. Das Aquarium ist mit mehreren grünen Wasserpflanzen bepflanzt worden, deren Gewicht beim Einpflanzen zusammen 215g betragen hat. Ferner leben im Aquarium von Anfang an zwei Spitzschlamm Schnecken, die zusammen 18g wiegen. Diese Schnecken sind, obwohl im Wasser lebend, Lungenschnecken und wechselwarme Tiere. Sie ernähren sich von Wasserpflanzen, Algenaufwuchs, Kleinstlebewesen und Aas.

Obwohl Schnecken häufig Fressschäden anrichten, ist es ihnen auch nach drei Monaten nicht gelungen, den Pflanzenbestand im Aquarium abzuweiden. Vielmehr gedeihen die Pflanzen ausgesprochen gut. Ein Schüler der Klasse erklärt: „Dies liegt am Schneckenkot. Schnecken scheiden etwa soviel Kot aus, wie sie an Nahrung zu sich nehmen.“

Biologie ist ein naturwissenschaftlicher Gegenstand – kann man Ökosysteme sehen?

Szene zwei: Freilandunterricht in einer fünften Klasse sollte das in der Klasse erarbeitete ökologische Wissen vertiefen. Ich legte den Schüler/innen folgende Aufgabenstellung vor: Ökosystem Auwald: Untersucht in Dreiergruppen die ökologischen Beziehungen zwischen Lebewesen. Sucht euch je einen Vertreter der drei „Hauptberufe“ Destruenten, Konsumenten und Produzenten. Beobachtet die „Objekte“ (15 min). Überlegt und diskutiert, welche Beziehungen jeder mit dem anderen „Beruf“ haben könnte. Beschreibt diese Beziehungen möglichst genau. Sucht Belege (Materialien, Beobachtungen, ...) für diese Beziehungen (30 min). Stellt eure Ergebnisse in einem kurzen Sketch dar. Jeder Sketch wurde für mich zum Drama. In einem Sketch zeigten Schülerinnen, wie ein junger Weißdornstrauch dem Lederlaufkäfer im Weg steht: Ein dramatisches Ausweichmanöver brachte den Käfer in eine ausweglose Rückenlage. Nur die rettenden Zweige des Strauchs halfen dem Käfer aus seiner prekären Lage: Weißdornzweige retten Käfer!

Biologisches Wissen ist naturwissenschaftliches Wissen. Es beruht auf hypothetisch deduktiven Erkenntnisverfahren, einem Mix aus Beobachtung, theoriegeleiteten Experimenten und skeptischer Reflexion. Gleichsam reine Induktion oder unmittelbare Anschauung der Natur, wie in unserem Beispiel

Drei Szenen, berichtet von Biologielehrer/innen, werden aus der Perspektive der Biologiedidaktik kommentiert. Sie illustrieren exemplarisch die vitalen Beziehungen zwischen fachdidaktischer Forschung und Unterricht und helfen Biologieunterricht als Beitrag zu naturwissenschaftlicher Bildung zu begreifen.

Biologisches Wissen entsteht durch Forschung – kann man im Unterricht forschen?

Szene drei: In einem Such- und Aushandlungsprozess einigt sich eine Klasse (Jahrgang 9) mit der Lehrerin auf das Themenfeld Wald. Auf Basis von Interessensfeldern der Schüler/innen und Recherchen (Internet, Materialien) werden unter anderem Forschungsfragen und Hypothesen zu Waldnutzung/Waldbewirtschaftung und Ökosystem Wald/Baumsterben formuliert. Zu diesen Fragen holen die Schüler/innen Informationen ein. Dies erfolgt durch Literaturstudium, vegetationskundliche Aufnahmen, Interviews mit Förstern u.ä. Zusätzlich führen die Schüler/innen Lerntagebücher. Die Lehrerin dokumentiert ihre Fach- und Prozessbegleitung der Schüler/innen. Daten und Erfahrungen im Forschungsprozess werden gemeinsam besprochen und reflektiert ... eine Lerngemeinschaft ist im Entstehen.

Forschen ist mehr als einem Forscher ein Experiment nachzumachen. Forschen im Unterricht erfordert Lernumgebungen, die individuelles und kollektives Entwickeln von Fragen, das Suchen geeigneter Untersuchungsmethoden und das Aushandeln von Interpretationen ermöglichen und unterstützen. In einem Klima der Wertschätzung wird Lernen durch Reflexion von Entdeckungserfahrungen aber auch Sackgassen, Umwegen und Irritationen gefördert. Es geht im Biologieunterricht zu, wie in der Welt der

¹ Franz Radits ist Mitarbeiter am AECC Biologie (Universität Wien). Franz Rauch ist ao. Professor am Institut für Unterrichts- und Schulentwicklung (IUS) (Alpen-Adria-Universität Klagenfurt).



Dieser Kot dient den Pflanzen als Nahrung. Somit wachsen die Pflanzen ständig.“

- a) Nehmen Sie zu dieser Argumentation Stellung.
- b) Stellen Sie den korrekten Sachverhalt als Stoffkreislauf schematisch dar.

Quelle: http://www.kmk.org/schul/Bildungsstandards/Biologie_MSA_16-12-04.pdf (gekürzt)

Die Mutter zeigte nun ein gewisses Verständnis für meine Beurteilung, akzeptieren konnte sie diese aber trotzdem nicht.

Die Zuschreibung „Biologie ist ein Lerngegenstand“ definiert Lernen als „Auswendiglernen“. Erfolgreich gelernt zu haben, hieße demnach, „Stoff“ reproduzieren zu können. Wissen wird hier als Ansammlung von richtigen Ergebnissen, statischen Fakten und objektiven Wahrheiten verstanden. Diesem naiven Bild gegenüber steht das Konzept einer Biologie als Naturwissenschaft, die ihre Wissensbestände laufend durch Forschung kritisch überprüft und verändert. Biologieunterricht wiederum setzt auf das Konzept einer Scientific Literacy (Bybee, 2002), damit ist „naturwissenschaftliche Lesefähigkeit“ gemeint. An Scientific Literacy orientierter Biologieunterricht gibt sich nicht mit dem Beherrschen des Fachvokabulars zufrieden, sondern zielt auf konzeptuales und prozedurales Fachwissen, also zum Beispiel auf das Verständnis der Regeln naturwissenschaftlicher Argumentation, wie im oben zitierten Beispiel gezeigt.

von Schüler/innen verlangt, schafft selten wissenschaftliche Erkenntnis, sondern witzige, oft frapierende Geschichten. Fachlehrkräfte, die fachliche „Antworten“ erwarteten, waren daher enttäuscht. Das Basiswissen der Ökologie (z. B.: Fließgleichgewicht, Nahrungsnetz, Energiefluss, Produzenten) ist in Begriffen gefasst und daher höchst abstrakt. Sie entziehen sich der unmittelbaren Beobachtung auch dann, wenn sie so etwas konkret Erscheinendes wie einen Auwald erklären. Zwei didaktische Lösungsvorschläge für den Konflikt zwischen unmittelbarem Erleben und Fachwissen sind denkbar. Beide sind zeitintensiv – aber das ist nachhaltiges Lernen immer. Vorschlag 1 orientiert sich an Martin Wagenscheins Konzept „exemplarischen Lernens“ und seiner Idee des Wissensaufbaus als „genetischen“ Prozess: Die historisch gewachsene Konstruktion der Begriffe wird mit den Schüler/innen vor Ort mit vorgefundenen Organismen und den sie verbindenden unsichtbaren Prozessen behutsam aufgebaut (Wagenschein 1968=1999): Historische Begriffsnetze mit Materialien. Vorschlag 2 orientiert sich an konstruktivistischen Lernkonzepten (Kattmann, 2007; Riemeier, 2007): Die von den Schüler/innen gesammelten Beobachtungen, Intuitionen und ihre Erklärungen werden in Lerngruppen als theoretische Konzepte formuliert. Deren Erklärungskraft wird an konkreten Problemstellungen erprobt. Sie müssen plausibel und verständlich sein. Fachliche Konzepte werden provokant und kritisch in den Lernprozess eingeschleust. Die theoretischen Annahmen der Lernenden sollen sich in diesem Lernarrangement fachlich akzeptierbaren Erklärungen annähern. Ein tieferes Verständnis von der Natur des naturwissenschaftlichen Lesens und Erklärens der Welt ist intendiert: Damit arbeitet Biologieunterricht an einem weiteren wichtigen Ziel der Scientific Literacy: Dem Verständnis der Besonderheit naturwissenschaftlicher Theorien und ihrer Differenz zu Alltagstheorien (Bybee, 2002).

wissenschaftlichen Forschung (Stäudel et al., 2006).

Literatur:

- Bybee, R. W. (2002). Scientific Literacy Mythos oder Realität? In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa & R. Evans (Hrsg.), *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (S. 21-43). Opladen: Leske + Budrich
- Kattmann, U. (2007). Didaktische Rekonstruktion – eine praktische Theorie. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologie-didaktischen Forschung* (S. 93-104). Wien: Springer.
- Riemeier, T. (2007). Moderater Konstruktivismus. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologie-didaktischen Forschung* (S. 69-78). Wien: Springer.
- Stäudel, L., Werber, B. & Wodzinski, R. (2006). *Forschen wie ein Naturwissenschaftler. Arbeits- und Methodenbuch*. Velber: Erhard Friedrich Verlag.

Mit den und nicht gegen die Alltagsvorstellungen der Schüler/innen unterrichten – ein AHA-Erlebnis einer Biologielehrerin

von **Heidemarie Amon**¹

Meine „eigene pädagogische Theorie“, die ich mir im Laufe meiner Unterrichtspraxis angeeignet habe, lieferte mir keine befriedigenden Antworten auf die Fragen: „Wie vermittele ich möglichst vielen Schüler/innen möglichst nachhaltig „biologisches“ Wissen?“ Auf der Suche nach Antworten beschäftigte ich mich mit fachdidaktischer Literatur und stieß dabei auf das Modell der Didaktischen Rekonstruktion.

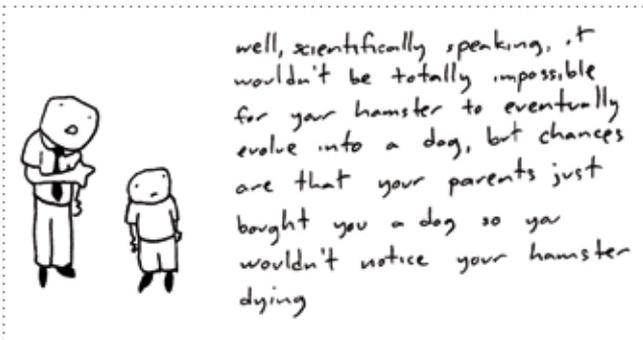
Dieses Modell zeigt, wie man das Alltagswissen und die fachlichen Vorstellungen der Kinder im Biologieunterricht nutzen kann. Ulrich Kattmann, einer der Autoren des Modells, schlägt vor, nicht bei der üblichen Reduktion und Transformation von Fachinhalten stehen zu bleiben, sondern lebensweltliche Vorstellungen der Schüler/innen direkt mit den Konzepten der Biowissenschaften in Beziehung zu setzen (Kattmann et al., 1997 und Kattmann, 2007). Diese Bedeutung von Alltagsvorstellungen für den Unterricht war für mich damals neu und irritierte mich auch ein wenig, denn plötzlich waren Schülervorstellungen und wissenschaftliches Wissen am Beginn einer Unterrichtssequenz gleichrangig.

Schüler/innen verwenden „außerhalb“ des Unterrichts häufig lebensweltliche Vorstellungen, die aus ihren Erfahrungen, Beobachtungen, aus den Massenmedien, Büchern, aus Gesprächen mit Eltern, Geschwistern und Freunden und Freundinnen und natürlich aus dem vorangegangenen Unterricht entstanden sind. Diese „Alltagsvorstellungen“

haben meist wichtige Funktionen im täglichen Leben und bieten im Vergleich zu den komplexen wissenschaftlichen Erklärungen leichter verständliche Deutungen (vgl. Sturm, 2002, S. 292 f. und Feilke, 1994). Vor allem aber sind sie im Alltag erprobt und haben sich dabei bewährt.

Oft stehen diese Vorstellungen aber im Widerspruch zu den aktuellen Erklärungen der Wissenschaft. Sie sind stabil und lassen sich durch Unterricht nicht einfach verändern. Vorstellungen können auch nicht einfach weitergegeben oder aufgenommen werden, sondern werden im Sinne des konstruktivistischen Ansatzes situativ vom Lernenden erzeugt (Reinmann-Rothmeier & Mandl, 2001). Schüler/innen konstruieren demnach ihr Wissen aktiv auf der Basis des bereits vorhandenen Vorwissens und ihrer Überzeugungen.

Mittlerweile gibt es zahlreiche publizierte Forschungsergebnisse über Schülervorstellungen zu den verschiedensten Themen des Biologieunterrichts. Das hilft bei der Unterrichtsplanung. Man kann mit diesem Wissen aus der fachdidaktischen Forschung auf die Bedürfnisse und Denkmuster der Schüler/innen stärker eingehen. Im Idealfall führt das dazu, dass sie die jeweils angemessenen Konzepte (fachliche Vorstellung / Alltagsvorstellung)



<http://www.toothpastefordinner.com/tfd-archives/tfdarchive-nov07.php> [11.09.2008]

„Benötigen Lehrer Fachdidaktik oder ist diese nur ein grober Wegweiser oder gar ein Irrgarten bzw. Hindernis zur eigenen (evtl. intuitiven) pädagogischen Theorie, die im Verlauf der praktischen Tätigkeit aus der Erfahrung heraus angeeignet wird?“ (Giest, 1996, S. 1)

Literatur:

- Brumby, M. (1984). Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. *Science Education*, 68(4), 493-503.
- Bishop, B. & Anderson, C. (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(5), 415-427.
- Duit, R. & Rhöneck, C. von (Hrsg.) (1996). Lernen in den Naturwissenschaften. *Beiträge zu einem Workshop an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg*, 145-162.
- Feilke, H. (1994). *Common Sense-Kompetenz. Überlegungen zur Theorie des „sympathischen“ und „natürlichen“ Meinens und Verstehens*. Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Giest, H. (1996). Fachdidaktik und Unterricht. *Lern- und Lehr-Forschung, Berichte* (15), 43-72.
- Gropengießer, H. (2001). *Didaktische Rekonstruktion des Sehens. Wissenschaftliche Theorien und die Sicht der Schüler in der Perspektive der Vermittlung*. Oldenburg: Didaktisches Zentrum. (=Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion, Bd1)
- Johannsen, M. & Krüger, D. (2005). *Schülervorstellungen zur Evolution – eine quantitative Studie*. Münster: Institut für Biologiedidaktik.
- Kattmann, U. & Gropengießer, H. (1996). Modellierung der didaktischen Rekonstruktion. In R. Duit & C. von Rhöneck (Hrsg.), *Lernen in den Naturwissenschaften. Beiträge zu einem Workshop an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg* (S. 145-162). Kiel: IPN.
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (2001). Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. A. Krapp & B. Weidenmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 601-646). Weinheim: Beltz PVU.
- Sturm, C. (2002). *Die Debatte um den genetischen Fingerabdruck. Ein Beispiel mit dem diskursiven Umgang mit strittigen Fragen in der Medienberichterstattung der Bundesrepublik. Erarbeitet an der Berichterstattung ausgewählter Printmedien*. Oldenburg: Dissertation.

¹ Heidemarie Amon ist Lehrerin am Akademischen Gymnasium Wien und Mitarbeiterin am AECC Biologie (Universität Wien).



lung) im jeweils passenden Kontext anwenden (vgl. Gropengießer, 2001, S. 18).

Über die Evolution, einen zentralen Bereich der Biologie, gibt es viele verschiedene Vorstellungen in der Öffentlichkeit und auch bei Schüler/innen. Aufgefallen ist mir zum Beispiel, dass einige meiner Schüler/innen der Meinung sind, dass erworbene Eigenschaften eines Individuums genetisch weitergegeben werden können. Auch die Vorstellung, dass Mutationen zielgerichtet stattfinden und nicht zufällig, ist weit verbreitet. Neben diesen, im Schulalltag bekannten Vorstellungen der Lernenden zur Evolution, gibt es ei-

nige andere, wie aus einer Studie von Johannsen und Krüger über Schülervorstellungen zum Thema Evolution hervorgeht. Es erscheint mir wichtig, dass wir Lehrkräfte unser Wissen zu Schülervorstellungen im Bereich der Evolution mithilfe der Forschungsergebnisse erweitern. Um eine schülerorientierte Planung und Durchführung der Unterrichtsstunden zu ermöglichen, müssen die Vorstellungen der Lernenden in das Lernen und Unterrichten einbezogen werden. Ein Evolutionsunterricht, der Vorstellungen der Schüler/innen ernst nimmt, könnte so tatsächlich zu einem adäquaten Lernerverständnis von Evolution beitragen.

Die Auseinandersetzung mit dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion hat mich in meiner Unterrichtsplanung für Schülervorstellungen sensibilisiert und mir bewusst gemacht, wie wichtig die Auseinandersetzung mit theoretischem Wissen über Biologieunterricht ist. Ich habe Antworten gefunden und viele neue Fragen haben sich ergeben.

CHEMIEDIDAKTIK

Stolpersteine beim Lehren und Lernen von Chemie – Herausforderungen für die Fachdidaktik

von Anja Lembens¹

Einleitung

Chemiedidaktik ist eine Querschnittswissenschaft zwischen der Chemie und allen für das Lehren und Lernen maßgeblichen Wissenschaften. Sie setzt sich damit auseinander, wie man Lernenden Inhalte, Bedingungen, Notwendigkeit und Wesen der Chemie nahebringen kann. Im Zentrum steht also der lernende Mensch. Es interessiert uns daher in erster Linie, welche Bedingungen für das Lernen von Chemie besonders förderlich sind. Unter Bedingungen sind dabei institutionelle Rahmenbedingungen als auch individuelle Voraussetzungen der Lernenden zu verstehen. Um die Vielschichtigkeit dieser Herausforderung sichtbar zu machen, beleuchtet dieser Artikel blitzlichtartig Stolpersteine des Chemieunterrichts, von denen einige im darauf folgenden Artikel „Vom Wissen zum Handeln“ konkreter ausgeführt werden.

Balanceakt zwischen den Ebenen

Im Unterschied zu den Schulfächern Biologie und Physik müssen in Chemie immer wieder wechselseitige Beziehungen zwischen den beobachtbaren Eigenschaften von Stoffen und deren nicht beobachtbarer Struktur hergestellt werden. Alle makroskopisch wahrnehmbaren

chemischen Phänomene sind auf nicht direkt wahrnehmbare submikroskopische Strukturen zurückzuführen und werden mit diesen erklärt. Um die Eigenschaften von Stoffen zu verstehen, machen wir uns ein Bild (Modell) von ihrem Aufbau. Diese Bilder und Vorstellungen müssen immer wieder darauf hin überprüft werden, welche Eigenschaften sich mit ihnen erklären lassen und welche nicht. Oft ist es notwendig, die Vorstellungen zu verändern oder gar neue zu entwerfen, um weitere Phänomene erklären und verstehen zu können. Dass gerade dieser Prozess ein zentraler Aspekt des Wesens der Naturwissenschaften und damit auch historisch

von großer Bedeutung ist, bleibt vielfach unbehandelt. Die Vorläufigkeit naturwissenschaftlicher Modelle wird so für Schüler/innen schwer verständlich. Dabei bietet sich gerade in der Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Modellen die Chance zu entdecken, dass Modelle einerseits „ontogenetisch“ immer aufgrund des besten verfügbaren Wissens konstruiert werden und andererseits „phänomenologisch“ nur bestimmte ausgewählte Eigenschaften zeigen. Daher können Modelle nie richtig oder falsch sein, sie sind nur für die Erklärung bestimmter Phänomene brauchbarer als für andere (vgl. Demuth, 2007).



¹ Anja Lembens ist Professorin für Chemiedidaktik und leitet das AECC Chemie (Universität Wien).



Sprache und Formeln

Für die Schüler/innen gilt es eine Sprache und Zeichen zu lernen, mit der die Phänomene und Erklärungen kommuniziert werden können. Die Entkoppelung der verschiedenen Ebenen, der makroskopischen, submikroskopischen und symbolischen Betrachtungen wird als Hauptursache für die Verständnisprobleme im Umgang mit der chemischen Formelsprache angesehen (vgl. Harsch, Heimann & Kipker, 2002). Gerade mit dieser für die Chemie so typischen Arbeitsweise haben Schüler/innen enorme Schwierigkeiten. Auch die Verwendung von Begriffen, die alltagssprachlich andere Bedeutungen haben, führt zu Verwirrungen. „Unglückliche“ Darstellungen in den Medien und Schulbüchern sowie eine oft wenig präzise Trennung der verschiedenen Ebenen in der Sprache der Lehrenden sind weitere Gründe für die international dokumentierten Probleme beim Chemielernen.

Auf der Suche nach Lösungsansätzen

Die „kleinsten Teilchen“ und ihre Beschaffenheit geben immer wieder Grund zu heftigen Diskussionen unter den Chemie- und Physikdidaktiker/innen. Für die Schüler/innen besonders schwer zu verstehen ist, dass die Eigenschaften der Teilchen in den Teilchenmodellen nicht mit denen des Stoffes identisch sind, dass also die Eigenschaften der Stoffe erst durch das Zusammenwirken der Atome hervorgebracht werden (vgl. Löffler, 2006). Die Bedeutung des Begriffs „Teilchen“ ist in der Alltagswelt eine gänzlich andere als in der Welt der Chemie, denn die kleinsten Teilchen entstehen eben nicht durch kontinuierliches Zerteilen eines Stoffes, wie bei einem Kuchen. Hier müssen die Schüler/innen neue Bedeutungszuweisungen für aus dem Alltag bekannte Begriffe lernen. Dies fällt ihnen in der Sekundarstufe I oft noch sehr schwer, da ein enormes Abstraktionsvermögen erforderlich ist. Haupt (1996) hat in Tests nachgewiesen, dass Schüler/innen in der Sekundarstufe I oft den Anforderungen des hierfür notwendigen formal-operationalen Denkens noch nicht gewachsen sind. Baddeley (1990) betont die begrenzte Kapazität des menschlichen Arbeitsspeichers, der nur eine gewisse Menge an Informationen gleichzeitig verarbeiten kann. Daher erscheint es wenig sinnvoll, mit dem Wechsel zwischen der Stoff- und der Teilchenebene oder gar der Formelschreibweise zu beginnen, bevor sich die Schüler/innen nicht sicher auf der phänomenologischen Ebene bewegen können. Die Hoffnung auf einen nachhaltigen Erfolg des Chemieunterrichts im Bezug auf den Aufbau einer angemessenen Vorstellung von der Unveränderlichkeit der Atome bei chemischen und biochemischen Prozessen wird unter anderem mit

einer neueren Untersuchung von Harsch & Dahl (2007) kräftig gedämpft. Von der fünften bis zur zehnten Schulstufe verändern sich die Konzepte der Jugendlichen kaum und es dominieren „gravierende Fehlvorstellungen“.

Diskussionen innerhalb der Fachdidaktik

Über die Freiheitsgrade, die bei der Erarbeitung einer angemessenen Teilchenvorstellung bestehen, herrscht Uneinigkeit in Lehrer- und Fachdidaktikerkreisen. Manche möchten ganz auf Modelle und Modellvorstellungen im Anfangsunterricht verzichten. Roer & Bömer (1993) plädieren dafür, die Phantasie der Lernenden zu aktivieren, ja auch animistische Zugänge zuzulassen, um die „unsichtbare Welt“ zu erklären und begründen dies mit Blick auf die Wissenschaftsgeschichte. Buck (1987) dagegen empfindet die Anschaulichkeit der Abbildungen als das eigentliche Problem bei der Entwicklung einer angemessenen Atomvorstellung, denn diese suggerierten mit ihrer Farb- und Gegenständlichkeit einen mechanischen Charakter der Atome und eben nicht deren „Andersartigkeit“. Schmidt (2003) betont, dass Teilchenvorstellungen an sich keinen Zweck haben, sondern diesen erst durch ihr Erklärungspotential erhalten. In diesem Sinne lehnt er alle „vorläufigen Hilfsmittel“, die nur Teile der Realität erklären können auch für den Anfangsunterricht ab. Wichtig ist ihm, dass das Teilchenmodell als Verstehenshilfe nicht als statisches Modell, sondern als Entwicklungsprozess vermittelt werden soll. Die Ebene der reinen Beschreibungen und Deutungen möglichst oft zugunsten von Reflexionsphasen auf der Metaebene zu verlassen, empfehlen Mikelskis-Seifert & Fischler (2002). Um die Vorstellung vom Modellcharakter der Atomvorstellung zu stärken, schlagen Rehm & Murmann (2007) eine intensive Auseinandersetzung mit Systemen und deren (wiederum systemhaften) Komponenten auf verschiedenen Ebenen unserer (Erfahrens-)Welt vor. Parchmann, Schmidt & Buck (2003) beschreiben einen ersten Zugang zur Entwicklung eines Stoff-Teilchenkonzepts über die sinnliche Wahrnehmung in einem Alltagskontext. Ein Vorteil dieser Vorgehensweise ist, dass der Mensch und der zu erkundende Stoff im Zentrum des Interesses stehen und damit ein subjektorientierter Zugang ermöglicht wird.

Bei all den unterschiedlichen Positionen sind sich doch alle einig darüber, dass das Teilchenkonzept als Schlüsselkonzept eines der wichtigsten im naturwissenschaftlichen Unterricht und gleichzeitig eines der schwierigsten ist. Denn

- es ist nicht unmittelbar aus experimentellen Beobachtungen ableitbar,
- die Bausteine sind nicht sinnlich erfahrbar,

- es verlangt ein hohes Abstraktionsvermögen und
- häufig fehlt eine Abstimmung zwischen den naturwissenschaftlichen Fächern.

Ausblick

Wie kann nun die Fachdidaktik die Lehrenden in den Schulen unterstützen? Es gibt keinen Königsweg, jedoch erhöht sich die Chance auf verstehendes Lernen deutlich, wenn wir uns mit den empirisch erforschten Konzepten und Lernschwierigkeiten der Schüler/innen auseinandersetzen, diese diskutieren und dabei möglicherweise auch eigene Misskonzepte entdecken und bearbeiten können. Stellt man die Lernenden mit ihren Vorstellungen und dem Wunsch zu verstehen ins Zentrum, so eröffnen sich neue Lernwege.

Literatur:

- Baddeley, A. D. (1990). *Human memory: Theory and practice*. London: Erlbaum.
- Buck, P. (1987). Der Sprung zu den Atomen. *Physica didactica*, 14, 41-45.
- Demuth, R. (2007). Das Stoff-Teilchen-Konzept. Entwicklung und Bedeutung von Teilchenvorstellungen in der Chemie und im Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*, 18 (100-101), 12-16.
- Harsch, G. & Dahl, J. (2007). „Die Atome werden durch die Zähne zerkleinert und im Darm verdaut ...“ Schülervorstellungen zum Atombegriff im Zusammenhang mit Stoffwechselfvorgängen. *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule*, 56(7), 28-30.
- Harsch, G., Heimann, R. & Kipker, A. (2002). Verständnisprobleme mit der Formelsprache im Chemieunterricht. *Chimica didactica*, 29(90), 251-266.
- Haupt, P. (1996). Verwendung von Strukturmodellen – als Beispiel der Elementarisierung und didaktischen Reduktion. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*, 7(34), 9-13.
- Löffler, G. (2006). Vom Dilemma eines Teilchenverständnisses, das dem alltäglich-praktischen Teilungsprozess nachgebildet ist. *Chimica et ceterae artes rerum naturae didacticae*, 32(97), 52-75.
- Mikelskis-Seifert, S. & Fischler, H. (2002). Ein Versuch, metakonzeptionellem Bewusstsein empirisch auf die Spur zu kommen! In A. Pitton (Hrsg.), *Zur Didaktik der Chemie und Physik* (S. 275-277). Münster: Lit Verlag.
- Parchmann, I., Schmidt, S. & Buck, P. (2003). Vom sinnlichen Wahrnehmungen zu ersten Teilchenvorstellungen – eine Unterrichtssequenz aus dem Projekt Chemie im Kontext mit Anregungen für eine erweiterte Modelldiskussion. *Chimica didactica*, 29(92), 165-180.
- Rehm, M. & Murmann, L. (2007). Atome sind anders. *Lernchancen*, 10(75), 57-63.
- Roer, W. & Bömer, B. (1993). Die geheimnisvolle Welt der kleinen Teilchen. Auf dem Weg zu mehr Schülerorientierung im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik*, 4(41), 31-36.
- Schmidt, F. K. (2003). Umgruppierung von Teilchen. Tragfähiges Modell für stoffliche Veränderungen. *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule*, 52(7), 28-33.

Vom Wissen zum Handeln

von **Gerhard Kern**¹

Dieser Beitrag ist ein Versuch, die Stolpersteine beim Chemie-Lernen mit Hilfe eines Modells zu verstehen, das viel von dem, was wir heute allgemein über Lernen wissen, zusammenfasst (Abb. 1). Er greift zwei Aspekte aus dem vorangehenden Artikel „Stolpersteine beim Lehren und Lernen von Chemie“ heraus und bietet Anre-

gungen für einen Chemieunterricht, der dem Modell Rechnung tragen will.

1. Langzeitgedächtnis und Wahrnehmung

Das Modell geht davon aus, dass Lernen bei allen Menschen im Prinzip nach demselben Schema abläuft: Ereignisse,

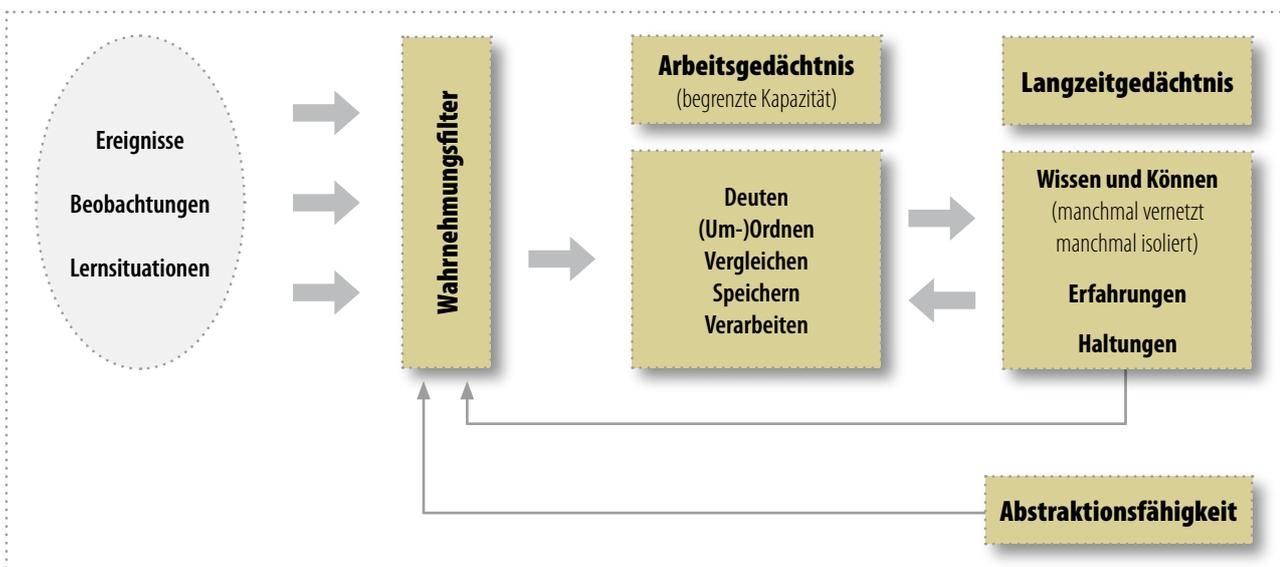


Abbildung 1: Informationsverarbeitungsmodell (nach Johnstone, 1997 und Reid, 2008)

¹ Gerhard Kern ist Lehrer am BGRG Eisenstadt und Mitarbeiter am AECC Chemie (Universität Wien).

Beobachtungen und Situationen werden durch das Filter unserer Erfahrungen, unseres Wissens und unseres Könnens in das Arbeitsgedächtnis aufgenommen, verarbeitet und schließlich im Langzeitgedächtnis gespeichert. Da die der aktuellen Situation vorangegangene Lebenserfahrung die Wahrnehmung beeinflusst, muss Unterricht Lernsituationen anbieten, die verschiedene Zugänge erlauben (Stichwort: Individualisierung).

Die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses, also die Anzahl der Informationseinheiten, die gleichzeitig beachtet werden müssen, um eine Aufgabe zu bewältigen, wächst im Verlauf der Entwicklung und beträgt bei Erwachsenen durchschnittlich sieben (+/-2) Einheiten („chunks“) (Lefrancois, 2006). Zunehmende Vertrautheit mit einem Wissensgebiet führt dazu, dass mehrere Informationen zu einem Chunk zusammengefasst werden. Das lässt bestimmte Aufgaben für Expert/innen – etwa Chemielehrer/innen – unproblematisch erscheinen, die Anfänger/innen erhebliche Schwierigkeiten bereiten. Ein Beispiel (in Anlehnung an Johnstone, 1984) möge das veranschaulichen:

Aufgabe: Welches Volumen Salzsäure ($c = 1 \text{ mol/L}$) braucht man, um $10,0 \text{ g}$ Kalkstein vollständig zur Reaktion zu bringen?

Ein Schüler benötigt dazu etwa 11 Schritte:

1. Kalkstein ist Calciumcarbonat.
2. Calciumcarbonat hat die Formel CaCO_3 .
3. Die molare Masse von CaCO_3 beträgt 100 g/mol .
4. $10,0 \text{ g}$ Kalk sind daher $0,1 \text{ mol CaCO}_3$.
5. Salzsäure ist die wässrige Lösung von Chlorwasserstoff; Formel: HCl .
6. Reaktionsgleichung:
 $\text{CaCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
7. Richtige Koeffizienten:
 $\text{CaCO}_3 + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
8. Die Stoffmenge von HCl ist doppelt so groß wie die Stoffmenge von CaCO_3 .
9. Daher benötigt man $0,2 \text{ mol HCl}$.
10. $c = 1 \text{ mol/L}$ bedeutet: 1 L enthält 1 mol HCl .
11. $0,2 \text{ mol}$ sind in $0,2 \text{ L} = 200 \text{ mL}$ enthalten.

Lehrer/innen oder erfahrene Chemiker/innen fassen beispielsweise die Schritte 1-3, 5-8 und 10-11 zusammen und benötigen dadurch weniger Schritte:

1. Die molare Masse von CaCO_3 beträgt 100 g/mol .
2. $10,0 \text{ g}$ Kalk sind daher $0,1 \text{ mol CaCO}_3$.
3. Calciumcarbonat und HCl reagieren im Stoffmengenverhältnis 1:2
4. Daher benötigt man $0,2 \text{ mol HCl}$.
5. $0,2 \text{ mol}$ sind in $0,2 \text{ L} = 200 \text{ mL}$ einer 1-molaren Lösung enthalten.

Johnstone (1997) berichtet von einer Untersuchung an 22.000 16-Jährigen, die Aufgaben zur Stoffmengenberechnung lösen sollten. In Abb. 2 wurde als Komplexität auf der x-Achse die Anzahl der benötigten Informationen und Verarbeitungsschritte aufgetragen, auf der y-Achse der Prozentsatz der

Probanden, die die jeweilige Aufgabe korrekt gelöst hatten. Das Ergebnis zeigt beeindruckend, wie die Leistungen bei Überlastung des Arbeitsgedächtnisses einbrechen.

Wie kann man der Überlastung des Arbeitsgedächtnisses entgegen wirken?

Hilfreich könnte beim Erlernen stöchiometrischen Rechnens ein Nachdenken über die einzelnen Arbeitsschritte und ein daraus abgeleitetes Schema (bezogen auf das obige Beispiel) sein:

1. Umrechnen der Masse des gegebenen Stoffes A in die entsprechende Stoffmenge.
2. Ablesen des Stoffmengenverhältnisses von gegebenem und gesuchtem Stoff aus der Reaktionsgleichung.
3. Umrechnen der Stoffmenge des gesuchten Stoffes B in das entsprechende Volumen.

Damit reduziert sich das Problem zunächst auf drei Schritte. Jeder Schritt benötigt zwar die Bearbeitung von mehreren Teilaufgaben, für jede Teilaufgabe braucht man jedoch weniger Dinge gleichzeitig im Gedächtnis behalten.

Ein weiteres Beispiel, diesmal aus dem Unterstufenunterricht:

Aufgabe: Welche Formel hat Calciumchlorid?

Wenn Schüler/innen nicht dazu angehalten werden, Formeln auswendig zu lernen, sollte ihr Lösungsweg folgendermaßen aussehen:

1. Calciumchlorid entsteht aus Calcium und Chlor.
2. Calciumchlorid ist eine Ionenverbindung.
3. Calcium ist ein Metall, Chlor ein Nichtmetall.
4. Metallatome geben beim Verbinden mit Nichtmetallatomen ihre Valenzelektronen ab, Nichtmetallatome füllen ihre Valenzschale mit Elektronen auf.
5. Calcium steht in der II. Hauptgruppe, bildet daher 2-fach positiv geladene Ionen.
6. Chlor steht in der VII. Hauptgruppe, bildet daher 1-fach negativ geladene Ionen.
7. Die Summe der positiven Ladungen in der Formel muss gleich groß sein wie die Summe der negativen Ladungen.
8. Man braucht daher für den Ladungsausgleich eines Ca^{2+} -Ions zwei Cl^- -Ionen.
9. Daher ist die Formel für Calciumchlorid CaCl_2 .

Leistungsfähigkeit des Arbeitsgedächtnisses

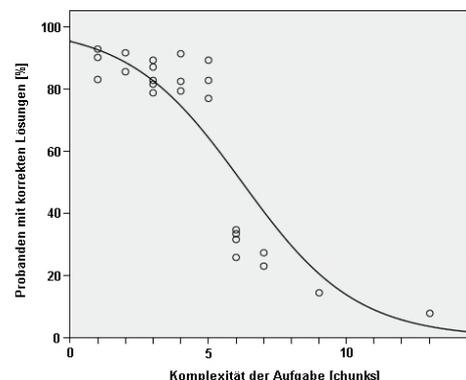


Abbildung 2: Die Leistungsfähigkeit des Arbeitsgedächtnisses (Johnstone, 1984)



Fragen zur hilfreichen Strukturierung einer solchen Aufgabe könnten sein:

1. Welche Ladung hat das Calcium-Ion?
2. Welche Ladung hat das Chlorid-Ion?
3. Wie viele Ionen der beiden Sorten müssen kombiniert werden, damit die Gesamtladung Null ist?

2. Modelle für Teilchen

Dass man es bei den kleinsten Teilchen nicht mit Stoffportionen, sondern mit Modellen zu tun hat, kann durch Verwendung vertrauter Gegenstände deutlicher zum Ausdruck gebracht werden als durch nur im Chemieunterricht vorkommende Kugel-Stäbchen-Modelle, weiß doch jedes Kind, dass ein LEGO-Auto kein „richtiges“ Auto ist, sondern nur ein Modell, das gewisse Aspekte der Wirklichkeit darstellt, andere nicht. So können im Anfangsunterricht auch Vor- und Nachteile verschiedener Modelle thematisiert werden. Für die Erklärung des Massenerhalts und des Gesetzes der konstanten Proportionen eignen sich LEGO-Bausteine besser, weil die (nicht vorhandenen) Bindungen nicht stören (Gerdes, 2003).

Resümee

Folgende Fragen scheinen bei der konkreten Unterrichtsplanung hilfreich:

- Wie viele Chunks sind für die Lernenden bei der jeweiligen Lernaufgabe vermutlich nötig? Wie kann ich sie strukturieren und in kleinere Einheiten zerlegen? Was ist wichtig? Was lasse ich weg?
- Wie lange kann ich auf einer Ebene (Phänomene, Teilchen, Repräsentation) bleiben? Wie mache ich den Wechsel deutlich?
- Welche Unterrichtssituationen eignen sich, um mit den Schüler/innen über die Brauchbarkeit von Modellen nachzudenken?
- Welche Begriffe aus dem Stoffgebiet brauchen die Lernenden? Wie gestalte ich den Prozess der Begriffsbildung? Wie mache ich unterschiedliche Bedeutungen sichtbar?

Literatur:

- Gerdes, A. (2003). Mit Modellen arbeiten. *Unterricht Chemie*, 14(76/77), 71-73.
- Johnstone, A. H. (1984). New stars for the teacher to steer by? *Journal of Chemical Education*, (61), 847-849.
- Johnstone, A. H. (1997). Chemistry Teaching – Science or Alchemy? *Journal of Chemical Education*, (74), 262-268.
- Lefrancois, G. R. (2006). *Psychologie des Lernens*. Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Mahaffy, P. (2004). The future shape of chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 5(3), 229-245.
- Reid, N. (2008). A scientific approach to the teaching of chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, (9), 51-59. Online unter http://www.rsc.org/delivery/_ArticleLinking/DisplayArticleForFree.cfm?doi=b801297k&JournalCode=RP [14.09.2008]



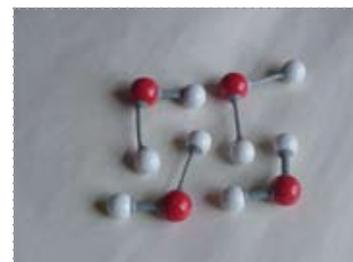
Vor der Reaktion



Vor der Reaktion



Nach der Reaktion



Nach der Reaktion

Abbildung 3: Massenerhalt bei der Knallgasreaktion, einmal mit LEGO, einmal mit Kugel-Stäbchen-Modell.



„Wissen als Widerstand, Sprechen als Emanzipation“

von **Werner Wintersteiner**²

Von der Notwendigkeit sprachlich-literarischer Bildung¹

DEUTSCHDIDAKTIK

Wenn man die Leistungen, die die Schule für die Entwicklung der Jugend zu erbringen hat, auf einen kurzen Nenner bringen möchte, würde man vermutlich Folgendes sagen: Sie muss die Voraussetzungen schaffen, dass junge Menschen sich in der Welt verständigen und orientieren können. Und dazu bedarf es zunächst einmal sprachlicher Fähigkeiten. Die Jugend soll in der Lage sein, Informationen aus Büchern, Zeitungen, Bild- und anderen Medien zu entnehmen, verständlich mit anderen zu kommunizieren (also: zuhören können und reden können) und sich schriftlich passabel auszudrücken. Und natürlich braucht sie in den wichtigsten Fachgebieten ein Basiswissen, das sie aber ebenfalls wieder nicht ohne sprachliche Grundkompetenzen erwerben kann. Mit anderen Worten: Die Kenntnisse und Fähigkeiten, die das Fach Deutsch vermittelt, sind Schlüsselkompetenzen nicht nur für das künftige Leben, sondern bereits für das Leben und Lernen in der Schule. Der Didaktiker Wolfgang Steinig hat das sehr schön in einen gesamtgesellschaftlichen Kontext gestellt:

„Was könnte grundlegender und wichtiger sein, als die Mitglieder von literalen und demokratischen Gesellschaften umfassend und effektiv auf den Umgang mit schriftlichen Texten vorzubereiten und dieses Bemühen um Schriftlichkeit wissenschaftlich zu erforschen? Die an der Schriftlichkeit orientierte Kommunikation ist der Kitt, der

literale Gesellschaften zusammenhält. Sie müssten ein starkes Interesse daran haben, dass dieser Kitt nicht brüchig wird und dass möglichst alle Mitglieder selbstbestimmt als verantwortliche Bürger an dieser Kommunikation partizipieren können. Die eigensprachliche Didaktik, in deutschsprachigen Ländern die Deutschdidaktik, hat sich als Wissenschaft die Aufgabe gestellt, diese Kommunikation zu untersuchen und Wege zu erkunden, wie Lerner, in erster Linie Kinder und Jugendliche, aber auch Erwachsene (Analphabeten oder Immigranten), möglichst effektiv und umfassend in eine literale Gesellschaft hineinwachsen können.“ (Steinig, 2004, S. 31).

Deutschdidaktik ist demnach eine praktische Wissenschaft, die den Deutschunterricht als Einheit von drei Grundkomponenten untersucht und gestaltet (vgl. Schacherreiter, Schrodt & Wintersteiner, 2002):

- 1) Sprachliche Bildung
- 2) Literar-ästhetische Bildung
- 3) Politische Bildung

Diese Bildung zu erwerben, ist ein mühsamer, oft paradoxer Prozess. Ihr Ziel aber ist *Emanzipation durch Sprachfähigkeit*. Das ist eine persönliche Qualität aber zugleich auch eine Voraussetzung für die Teilhabe am Politischen. Der Schweizer Dichter und Deutsch-Lehrer Peter Bichsel hat das so formuliert: *Wissen ist Widerstand*, es erzeugt kritisches Denken. Ohne kritisches Denken sind die Menschen sehr leicht brauchbar, manipulierbar, lenkbar. Deswegen müssen wir in der Schule möglichst viel „unnötiges“, „unbrauchbares“ Wissen lernen, so Bichsel, zum Beispiel Literatur als Entfaltung des Möglichkeitssinns, wie Robert Musil das genannt hat. *Ein gebildeter Mensch*, so Peter Bichsel weiter, *ist einer, der möglichst viel Unnötiges und Unbrauchbares weiß* (Bichsel, 1987, S. 13).

Dieses kritische Denken muss die Deutschdidaktik sich freilich auch gegenüber der Bildungspolitik erhalten. Wenn man diese Bildung vor allem als Faktor der ökonomischen Effizienzsteigerung betrachtet, müssen sich Pädagogik und Fachdidaktik als kritisches Korrektiv einschalten, das nicht bloß die Details, sondern vor allem die grundlegenden

¹ Dieser Text stützt sich auf den Artikel „Wissen als Widerstand“ (Wintersteiner, 2008).

² Werner Wintersteiner ist Professor für Deutschdidaktik am AECC Deutsch (Alpen-Adria-Universität Klagenfurt).



Annahmen und Rahmenbedingungen dieser Politik überprüft.

Mit diesem kritischen Blick müssen wir uns den drei großen Herausforderungen stellen, vor denen die Schule heute steht, und die speziell den Deutschunterricht und die Deutschdidaktik betreffen – *die medialen Veränderungen*, die durch die *Migration bedingte Mehrsprachigkeit und Multikulturalität* und die *veränderten Sozialisationsbedingungen* der Jugend. Diese drei Themen werden meistens nur als ein Problem gesehen, das sie zweifelsohne auch darstellen. Die Aufgabe der Deutschdidaktik ist es aber, von dieser Defizit-Betrachtung wegzuführen und auch die Chancen herauszuarbeiten, die in diesen Entwicklungen stecken!

1) Die medialen Veränderungen: Die rasante Entwicklung der audiovisuellen und elektronischen Medien hat das Selbstverständnis einer auf Buchkultur gegründeten Gesellschaft in vielem erschüttert und erschüttert es noch immer. Erst jetzt fällt uns auf, dass wir in abendländischer Tradition Bildung und Schriftlichkeit bisher praktisch gleichgesetzt haben. Hier bedarf es sicher einer Revision und einer kritischen Prüfung. Diese Frage hat sehr viele Facetten, auf die ich heute gar nicht alle eingehen kann. Ich nenne nur einige: Viele Erwachsene, gerade Deutschlehrer/innen, haben den Eindruck, dass ihre Schüler/innen in einer ganz anderen medialen Welt leben, zu der sie selbst kaum einen Zugang haben. Diese medial produzierten (Jugend-)Kulturen stellen – und das ist neu – den etablierten Kanon der Buchkultur in Frage. Andererseits haben die Massenmedien damit auch wie nie zuvor Bildungsaufgaben übernommen. Schule kann, oder könnte, heute auf einer viel breiteren Medienerfahrung aufbauen und sie tatsächlich zu einer media literacy weiter entwickeln. Für den Deutschunterricht heißt das, zu einem neuen Selbstverständnis zu kommen, ohne einfach ein Fach für „alles“ und für „alles Neue“ zu werden.

2) Die massenhafte Migration hat auch unsere Klassenzimmer sichtbar und hörbar verändert. In manchen Ballungsgebieten sind einsprachig deutsche Schüler/innen bereits die Minderheit. Das alles steht im Kontext der Globalisierung, aufgrund derer die nächsten Generationen viel internationaler

tätig sein und viel globaler handeln, leben, denken und fühlen werden als wir selbst. Das ist eine sehr grundlegende Umwälzung. Da geht es um viel mehr als darum, die Deutschkenntnisse der Migrantenkinder zu heben. Wir müssen vielmehr ein Klima schaffen, in dem Mehrsprachigkeit und Begegnung der Kulturen ein selbstverständlicher positiver Wert sind – es geht letztlich um das Zusammenleben der Verschiedenen in der Weltgesellschaft. Mit dem Blick auf eine einzige Sprache und die Beschränkung auf die deutsche Literatur und Kultur wird das nicht zu schaffen sein. Hier ist tatsächlich ein Umdenken auch im Deutschunterricht und in der Deutschdidaktik nötig.

- 3) Neue Sozialisationsbedingungen: Kinder wachsen nicht nur durch Medien und Migration ganz anders auf als früher. Die Beziehungen zwischen den Generationen ändern sich – in mancher Beziehung werden die Familien demokratischer, aber zugleich auch einsamer, mit weniger Kindern. Traditionelle Bindungen, auch außerhalb der Familie, in Sozialisationsinstanzen wie Kirchen oder Jugendorganisationen, werden immer schwächer. Die Schule wird damit paradoxerweise als Sozialisationsinstanz viel wichtiger als früher, zugleich aber verliert sie auch stark an Autorität. Die heutige Jugend ist in vielem erfahrener als früher, deswegen aber nicht reifer, sie lebt viel freier, ist aber zugleich wesentlich belasteter, die Schüler/innen haben viel mehr Angebote an Wissen und Unterhaltung, sind aber zugleich nervöser und unkonzentrierter ... Das macht den Beruf der Lehrer/innen wesentlich mühsamer – doch diese Fragen spielen im bildungspolitischen Diskurs bislang noch kaum eine Rolle!

Literatur:

- Bichsel, P. (1987). *Schulmeistereien*. Darmstadt: Luchterhand.
 Schrodtt, H., Schacherreiter C. & Wintersteiner, W. (2002). Sprachliche Bildung. Über die Kernaufgaben des Deutschunterrichts. *informationen zur deutschdidaktik (ide)*, 26(4), 20-27.
 Steinig, W. (2004). Deutschdidaktik auf dem Weg zu einer Wissenschaft. In E. M. Rastner & W. Wintersteiner (Hrsg.), *Deutsch Didaktik Dialog* (S. 31-42). Wien: Edition Präsenz. (= Stimulus. Mitteilungen der österreichischen Gesellschaft für Germanistik 2003)
 Wintersteiner, W. (2008). „Wissen als Widerstand“. Von der Notwendigkeit sprachlich-literarischer Bildung. In N. Mitterer (Hrsg.), *Österreichisches Kompetenzzentrum für Deutschdidaktik. Die ersten beiden Jahre. Bilanz 2006-2007* (S. 13-17). Klagenfurt: AECC Deutsch.

Vielfalt Lesen – Herausforderung und Chance¹

Die Zahlen und Fakten sind bekannt: Kinder und Jugendliche schneiden bei internationalen und nationalen Tests im Bereich Lesekompetenz schlecht ab, Buben haben größere Defizite als Mädchen – in Österreich hat sich der Abstand von PISA 2000 bis 2006 sogar noch vergrößert –, individuelles Leseverhalten und schulisches Lesen klaffen auseinander, Entlehnzahlen in Schulbibliotheken sinken. Der Zusammenhang zwischen Lesekompetenz und Lernerfolg in allen Fächern ist allen bewusst. Der Deutschunterricht alleine kann nicht Leseeziehung leisten, Lesekompetenzen müssen in allen Fächern erworben werden.

Diagnostik und Förderung

Interessant sind PISA und andere Studien zur Lesekompetenz und Mediennutzung vor allem insofern, als sie neue Perspektiven bezüglich Diagnose, Förderung und Differenzierung eröffnen. Bisher war es Lehrer/innen nicht möglich, fundierte Aussagen über ihren eigenen Leseunterricht zu machen. Sie wussten zwar, dass Mädchen mehr lesen und andere Themen schätzen als Buben, sie wussten auch um die Schwierigkeiten von Kindern nichtdeutscher Muttersprache, sie glaubten auch zu wissen, wer die guten, wer die schlechten Leser/innen seien. Allerdings gab es kaum Möglichkeiten, diese Beobachtungen und Vermutungen zu belegen, vor allem aber fehlte eine gute Diagnosemöglichkeit.

Tatsache ist aber, dass es nicht genügt festzustellen, jemand oder eine ganze Klasse könne eben nicht gut lesen oder habe wenig Lust zu lesen, ohne zu wissen, was die Ursachen dafür sind und ohne zu wissen, in welchen Bereichen des Lesens die Defizite zu suchen sind. Lehrer/innen können mit einem einfach durchzuführenden Test, wie zum Beispiel dem Salzburger Lese-Screening oder mit den Materialien der Österreichischen Bildungsstandards, erstmals in ihrem eigenen Unterricht relativ problemlos ein Diagnoseinstrument einsetzen

von **Gabriele Fenkart**²

zen und zwar außerhalb der verpflichtenden routinemäßigen Testung. So wird es möglich, gezielt herauszufinden, welche Defizite einzelne Kinder haben und ob die gesetzten Fördermaßnahmen den gewünschten Effekt erzielen.

Das Pilotprojekt **Deutsch im IMST-Fonds** bietet die Chance, Projekte einzureichen und sich fachliche und fachdidaktische Beratung, Begleitung und Evaluation dazu zu holen. Damit erhalten Lehrer/innen die Möglichkeit, ihren Unterricht unter solchen Gesichtspunkten weiterzuentwickeln und auch zu evaluieren bzw. evaluieren zu lassen.

Lesen Mädchen anders als Buben?

Steitz-Kallenbach stellt zu Recht fest, dass es zu kurz greifen würde, bliebe man bei der Feststellung stehen, Lesen sei weiblich und „Jungen lesen anderes und Jungen lesen anders als Mädchen“ (2006, S. 8). Wenn dem so wäre, würden wir das biologische Geschlecht mit der Variablen Lesen/Nicht-Lesen aufladen; was zur Folge hätte, dass die bloße Zugehörigkeit zum weiblichen Geschlecht bereits eine positive Einstellung zum Lesen implizieren würde. Sowohl unser gesellschaftliches Konzept von „weiblich“ als auch unser gesellschaftliches Konzept von „Lesen“ sind aber „Ergebnis eines Sozialisationsprozesses“ (ebd., S. 9) und daher

¹ Der Beitrag ist eine Bearbeitung eines Aufsatzes der Verfasserin: Bruchlinien in der Leseeziehung. Ein Clip Mix aus dem Arbeitsbereich Lesen und Lesedidaktik. In N. Mitterer (Hrsg.), *Österreichisches Kompetenzzentrum für Deutschdidaktik. Die ersten beiden Jahre. Bilanz 2006-2007* (S. 25-28). Klagenfurt: AECC Deutsch.

² Gabriele Fenkart ist Lehrerin am BRG Viktring und Mitarbeiterin am AECC Deutsch (Alpen-Adria-Universität Klagenfurt).



nicht endgültig determiniert sondern veränderbar.

Im Unterricht und im Gesamtkonzept einer Schule ist es entscheidend, einerseits Lesekompetenz – auch fachspezifische Lesekompetenz – zu vermitteln und andererseits für die Geschlechtsrollen typisches Leseverhalten aufzubrechen und durch Lesevorbilder, breit gestreute Lektüreangebote in allen Fächern, individuelle Leseangebote etc. von Zuschreibungen, wie Lesen sei weiblich oder Mädchen lesen keine Sachbücher, zu befreien.

Lesekompetenz und digitale Medien – zwischen Generation Gap und Digital Gap

Die Bedeutung des Lesens und das Leseverhalten von Kindern und Jugendlichen verändern sich mit den kulturtechnischen Möglichkeiten, die die Neuen Medien bieten. Die „soziale Literalität“, die Postman (1983) als Lese- und Schreibfähigkeit bezeichnet, erhält mit dem Internet eine neue Dimension (vgl. Behnken, Nessner, Rosebrock & Zinnecker, 1997, S. 39). Postman begreift Literalität als Mittel der Abgrenzung jener Erwachsenen, die lesen und schreiben können, von den Kindern, die es erst lernen müssen. Anders als das Fernsehen, das diese Grenzen verschwimmen lässt, verlangt der Gebrauch des Internet Lesekompetenz; hinzu kommen Recherche- und Informationskompetenz. Diese Kompetenzen entwickeln Kinder und Jugendliche auch ohne Anleitung von Erwachsenen. Sie erlesen sich Wissen und Informationen selbstständig und ungesteuert, sie lesen digitale Texte und nicht-kontinuierliche Texte, sie lesen mediale „Texte“ und grenzen sich so von der Erwachsenen- und Lehrergeneration ab. Auch das Lesen von Sachbüchern, Dokumentationen, Zeitschriften etc. gehört zum selbstverständlichen Lesealltag der Heranwachsenden. Sie nutzen die verschiedenen Medien unterschiedslos, wenn es um ein bestimmtes Interesse, eine Faszination, ein besonderes Thema geht.

Die Vielfalt der Lektüren und der Medien müssen jedoch erst Einzug in den Unterricht finden. Leseförderung beginnt bei der Wertschätzung dieser Lektürepräferenzen und soll weiterführen zu kritischem Verstehen der Texte und der Textintentionen. Die Anerkennung vor allem sachorientierter Literatur und das Einüben von Lesestrategien in diesen Bereichen sollten langfristig auch den Lernerfolg in allen Fächern positiv beeinflussen können.

Der Lesealltag der Jugendlichen findet noch wenig Eingang in den Deutschunterricht. Die genannten Textsorten finden sich eher im

Schreib- und Sprachunterricht als im Leseunterricht. Innovative Unterrichtsvorhaben und Projekte, die neben anderen Themen Intermedialität, Differenzierung und Lesen in allen Fächern forcieren, finden beim **IMST-Fonds Deutsch** Unterstützung und eröffnen gerade im fächerübergreifenden Bereich ein großes Feld.

Fachdidaktische Konsequenzen

Wir erleben in den Jahren seit 2000 eine Erweiterung des Begriffs Leseerziehung und des Text-Begriffs auf breiter Basis. Leseförderung ist zu einer aktuellen Forderung nicht nur im wissenschaftlichen Diskurs, sondern auch in Gesellschaft, Bildungspolitik und in den Medien geworden.

In der Sekundarstufe I erwarten Lehrer/innen zumeist, schon auf „fertige Leser/innen“ zu treffen, mit denen sie weiter arbeiten können, denen sie vielleicht nur noch die richtigen Bücher und Texte anbieten müssen. Zehnjährige befinden sich aber noch im Spracherwerb – sei es in der Muttersprache oder Zweitsprache bzw. Fremdsprache – und müssen noch Lesetechniken und Lesestrategien entwickeln (vgl. Fenkart, 2007, S. 17).

Sie müssen Lesekompetenz erwerben, die sie befähigt,

- Texte zu verstehen.
- Information zu entnehmen und zu bewerten.
- aus Texten zu lernen.
- Texte zu analysieren und zu interpretieren.
- Texte mit Lust und/oder Interesse zu lesen.

Neben den großen bildungspolitischen Themen Gesamtschule, mittleres Bildungsmanagement und Neue Matura hat der Bereich der Leseförderung die vielleicht größte Betriebsamkeit auf vielen Ebenen ausgelöst.

Es ist eine der Aufgaben des **Kompetenzzentrums AECC-Deutsch** und des **Pilotprojekts DEUTSCH im IMST-Fonds**, diesen Aufbruch fachdidaktisch zu begleiten und zu evaluieren.

Literatur:

Behnken, I., Nessner, R., Rosebrock, C. & Zinnecker, J. (1997). Ein Refugium für das Unerledigte – Lesen und Lebensgeschichte Jugendlicher in kultureller Sicht. In I. Behnken et al. *Lesen und Schreiben aus Leidenschaft. Jugendkulturelle Inszenierungen von Schriftkultur* (S. 25-58). Weinheim: Juventa.

Fenkart, G. (2008). Bruchlinien in der Leseerziehung. Ein Clip Mix aus dem Arbeitsbereich Lesen und Lesedidaktik. In N. Mitterer (Hrsg.), *Österreichisches Kompetenzzentrum für Deutschdidaktik. Die ersten beiden Jahre. Bilanz 2006-2007* (S. 25-28). Klagenfurt: AECC Deutsch.

Postman, N. (1983). *Das Verschwinden der Kindheit*. Frankfurt: Fischer.
Steitz-Kallenbach, J. (2006). Warum lesen Jungen (nicht)? – Lesen Jungen nicht? Überlegungen zum Zusammenhang von Lesen und Geschlecht. Teil 1. *Beiträge zur Jugendliteratur und Medien*, (1), 19-33.


MATHEMATIKDIDAKTIK
FAQ¹ zur Didaktik der Mathematik

 von **Edith Schneider²**

Ich wurde gebeten, für diesen IMST-Newsletter eine informative Darstellung der Didaktik der Mathematik zu verfassen – und dabei mit 8000 Zeichen auszukommen. Angesichts der Unmöglichkeit, diesem Anliegen gerecht zu werden, habe ich mich dazu entschlossen, diese Verantwortung mit Werner Peschek, dem Leiter des Österreichischen Kompetenzzentrums für Mathematikdidaktik zu teilen. Ich habe Kollegen Peschek zu diesem Thema interviewt und gebe hier einige Ausschnitte dieses Interviews wieder.

ES: Du betonst immer wieder, dass die Didaktik der Mathematik die Berufswissenschaft der Mathematiklehrerinnen und -lehrer sei. Heißt das, dass Lehrerinnen und Lehrer eigentlich Fachdidaktiker sind?

WP: Die zentralen Fragen und Probleme jedes Fachunterrichts sind fachdidaktischer Natur, curriculare Planungen, Entwicklungen und unterrichtliche Entscheidungen sind vorwiegend fachdidaktischer Art. Lehrerinnen und Lehrer sind also – bewusst oder unbewusst – immer auch fachdidaktisch tätig. Schau dir zum Beispiel an, was Bernhard Kröpfl in diesem Heft dazu schreibt. In diesem Sinne kann man Lehrerinnen und Lehrer durchaus als praktizierende Fachdidaktikerinnen bzw. Fachdidaktiker bezeichnen.

Andererseits ist es nicht Aufgabe von Lehrerinnen und Lehrern, zumindest nicht ihre vorrangige Aufgabe, großangelegte Untersuchungen durchzuführen, fachdi-

daktische Theorien weiter zu entwickeln, für internationalen Austausch und Vernetzung in dieser Wissenschaftsdisziplin zu sorgen ... also Fachdidaktik als Profession zu betreiben.

ES: Warum dann Berufswissenschaft, wäre es nicht besser von Bezugswissenschaft zu sprechen?

WP: Vielleicht, aber mir ist Bezugswissenschaft zu unverbindlich. Man bezieht sich bei einem so interdisziplinären Unternehmen wie Unterricht ja auf vieles, auf das Fach selbst, auf Pädagogik, Psychologie, Soziologie, Philosophie und vieles andere mehr. Die Fachdidaktik hat für den Fachunterricht schon eine ganz besondere, darüber hinaus gehende Bedeutung, sie ist eben wirklich grundlegend für den Fachunterricht, ist Ausgangspunkt jeglicher fachunterrichtlicher Überlegung und Basis jeglicher fachunterrichtlicher Tätigkeit. Oder besser: sie sollte es sein.

ES: Sehen das die Lehramtsstudierenden bzw. die Lehrerinnen und Lehrer auch so?

WP: Das ist verbesserungsfähig. Ich meine, das Verhältnis zwischen Theorie und Praxis ist immer ein verbesserungsfähiges – und möchte hier auch auf den von Kollegin Anja Lembens und mir für dieses Heft verfassten Beitrag verweisen. Aber gerade im Bereich der Bildung von Menschen lässt sich das Theorie-Praxis Problem nicht mit simpler hierarchischer Rollenteilung – die Wissenschaftler/innen und Wissenschaft-

ler entwickeln theoretische Lösungen, die Praktikerinnen und Praktiker setzen das um – bearbeiten. Es geht hier vielmehr darum, die Möglichkeiten und Grenzen von Theorie und Praxis auszuloten – ich meine inhaltlich wie personell – dieses Verhältnis überhaupt vorurteilsfrei wahrzunehmen, es zu verstehen und zu respektieren. Dann kann man auch konstruktiv daran arbeiten.

ES: Klingt plausibel, aber ist das deine Vision oder gibt es dazu auch Erfolgsgeschichten?

WP: Mein Eindruck ist, dass in den letzten 10 bis 15 Jahren die Bereitschaft aufeinander zuzugehen, auf beiden Seiten deutlich zugenommen hat. Jedenfalls könnte ich hier viele positive Beispiele aus der Aus- und Weiterbildung von Lehrerinnen und Lehrern anführen. Meine Vision besteht darin, dass dieser Trend anhält.

ES: Du hast das Thema Bildung angesprochen. Glaubst du, dass sich mathematische Bildung standardisieren und mit ein paar „Häppchen-Aufgaben“ überprüfen lässt?

Was man in einigen hundert Testaufgaben erfassen kann, ist selbstverständlich nicht mathematische Bildung. Ein Mathematikunterricht, der sich darauf beschränkt die Schülerinnen und Schüler zur Lösung von Standardaufgaben zu befähigen, kommt nicht an mathematische Bildung heran. Ein Mathematikunterricht, der sich jedoch allen gut begründeten Standards entzieht, verweigert den Lernenden wesentliche Bildungsmöglichkeiten im Fach Mathematik.

¹ Frequently Asked Questions

² Edith Schneider ist Ao. Professorin am AECC Mathematik (Alpen-Adria-Universität Klagenfurt).



ES: Wenn Bildung als „Appell zur Selbstverwirklichung, zur individuellen Gestaltung des eigenen Lebensweges“ verstanden wird – wie etwa Heymann dies tut – dann erscheint die Forderung nach ihrer Vereinheitlichung und Standardisierung doch abwegig – oder?

WP: Du berufst dich hier ausschließlich auf den individuellen Aspekt von Bildung. Bildung hat aber auch eine unverzichtbare kollektive, gesellschaftliche Komponente. Und aus gesellschaftlicher Perspektive scheint ein Mindestmaß an Gemeinsamkeit, ein Minimalkonsens nicht nur hinsichtlich humanitärer Werte sondern auch hinsichtlich gemeinsam geteilten Wissens und Könnens für menschliches Zusammenleben unerlässlich. Dieses Mindestmaß an Gemeinsamkeit – Heymann nennt es „Allgemeinbildung“³ – ist Voraussetzung für die Ermöglichung von Bildung. Hier trifft sich also die kollektive Komponente mit der individuellen.

ES: Also ohne Standards und Zentralmatura keine mathematische Bildung?

WP: Das ist eine unzulässige Überspitzung. Wir haben uns in der Mathematikdidaktik (wie auch in der Schule) viele Jahrzehnte sehr stark auf den Input konzentriert, darauf, wie man guten Unterricht machen kann – natürlich in der Hoffnung, dass dieser Unterricht auch entsprechende Ergebnisse liefert. Wir haben uns dabei vielleicht zu wenig vergewissert, ob sich diese Hoffnung tatsächlich erfüllt. Studien

wie etwa TIMSS und PISA haben uns gezeigt, dass dies nicht zufriedenstellend der Fall ist. Standards oder auch Zentralmatura sind nun der Versuch, den Ertrag von Unterricht stärker in den Blick zu nehmen. Dies nicht nur zwecks Diagnose und Bildungsmonitoring, sondern vor allem auch als Planungs- und Steuerungsinstrument. Aber wie schon gesagt: Standards sind nur ein Element im Komplex mathematischer Bildung, die sich wesentlich auch dort entwickelt, wo nicht mehr standardisiert getestet werden kann. Und gerade für eine sinnvolle Nutzung dieser Bereiche, dieser Freiräume, hat die Mathematikdidaktik sehr viel an Überlegungen, Reflexionen, Entwicklungen und Visionen erarbeitet und anzubieten.

ES: Und daran arbeiten so viele Mathematikdidaktikerinnen und -didaktiker?

WP: Ja, unter anderem. Wobei es in Österreich allerdings ja nur etwa 20 im Bereich Mathematikdidaktik vollberuflich wissenschaftlich arbeitende Kolleginnen und Kollegen gibt, die meist mit Lehrtätigkeit im Bereich der Lehramtsausbildung sehr stark belastet sind. An zwei österreichischen Universitäten mit Lehramtsausbildung im Fach Mathematik gibt es gar keine institutionalisierte Mathematikdidaktik, in ganz Österreich gibt es keine einzige Professur für Didaktik der Mathematik in der Grundschule. Zum Glück ist die Situation in einigen anderen Ländern, insbesondere in Deutschland, doch etwas günstiger.

ES: Und in dieser tristen Situation leistet sich Österreich ein gut ausgestattetes „Austrian Educational Competence Centre“ für Mathematikdidaktik in Klagenfurt? Hätte man das Geld nicht an den von dir eben genannten Stellen dringender benötigt?

WP: Man sollte das ebenso wenig in Konkurrenz sehen wie die Sozialausgaben eines Staates und jene für Bildung. Beides ist wichtig – und beeinflusst sich auch gegenseitig. Die Motivation für die Einrichtung des Kompetenzzentrums war unter anderem die Beobachtung und Erfahrung, dass es in Österreich gerade wegen der dünnen personellen Ausstattung der Universitäten im Bereich der Mathematikdidaktik einer gewissen Konzentration von entsprechenden personellen Ressourcen bedarf, wenn eine systematische Einbindung der österreichischen Mathematikdidaktik in die internationale Scientific Community, eine Mitwirkung der österreichischen Mathematikdidaktik an größeren nationalen oder auch internationalen Forschungs- oder Entwicklungsprojekten, wissenschaftsbasierte Initiativen im Bereich der Aus- und Weiterbildung von Lehrerinnen und Lehrern oder eine stärkere Vernetzung und Bündelung der österreichischen Mathematikdidaktik ermöglicht werden sollen.

Ergänzende, weiterführende oder andere Fragen zur Didaktik der Mathematik richten Sie bitte selbst an werner.peschek@uni-klu.ac.at

³ Heymann, H. W. (1996). *Allgemeinbildung und Mathematik*. Weinheim: Beltz Verlag, S. 46.



Mathematikdidaktik aus meiner persönlichen Sicht als Lehrer

von **Bernhard Kröpfl**¹

Studium, erster Abschnitt

„Fachdidaktik ist nicht so wichtig“ wurde in Studienkreisen oft gehört.

Und das Studium sah ganz danach aus. Es gab laut Studienordnung eine Trennung in Fachmathematik und Fachdidaktik. Für die Fachmathematik waren deutlich mehr Stunden vorgesehen, zu meiner Zeit war je Semester eine vier- oder fünfstündige Vorlesung das Zentrum, um das sich dann noch andere Lehrveranstaltungen mit „prüfungsimmanentem Charakter“ gruppierten. Obwohl wir damals – heute ist die Situation ja anders – beinahe nur Lehramtsstudierende waren, nahmen die Inhalte dieser „Hauptvorlesungen“ keinerlei Rücksicht auf unsere zukünftigen Berufsanforderungen. Definition – Satz – Beweis, der klassische mathematische Dreischritt beherrschte auch die Darbietung des Stoffes.

Viel an Fachdidaktik war für den ersten Studienabschnitt zwar nicht vorgesehen, aber irgendwie entwickelte sich mit Fortdauer des Studiums in uns Studierenden doch das Gefühl, dass sie wohl unser eigentliches Brot sei: sowohl die Schulmathematik mit ihren Überlegungen für Unterrichtseinstiege, mit ihrem Angebot an methodischen Varianten als auch die fachdidaktischen Lehrveranstaltungen mit ihrer Vielfalt an Themen und Zugängen. In diesen wenigen Lehrveranstaltungen „hängten wir uns so richtig hinein“. Wahrscheinlich hat bei dieser Bedeutungsverschiebung mitgeholfen, dass viele unserer Universitätslehrer Fachdidaktiker waren. Und für das bevorstehende Praktikum an den Schulen – soviel war klar – würde es sicherlich hilfreich sein.

Das „Schulpraktikum“

Den eigentlichen Ausschlag gab dann das „Schulpraktikum“. Es war damals noch ein Studienversuch der Universität Klagenfurt: Ein Praxissemester in der Mitte des Studiums, begleitet von didaktischen und fachdidaktischen Lehrveranstaltungen an der Universität, sollte (uns) zeigen, ob der Lehrberuf für uns der richtige sei. Und es sollte auch das frühere Probejahr ersetzen. Bei unseren Unterrichtsversuchen wurde uns klar, dass wir wohl auf dem Fachmathematischen als starker Basis aufbauen konnten und es als Hintergrundwissen sehr beruhigend war. Aber unsere eigentliche Arbeit in der Planung des Unterrichts war zweifellos fachdidaktische, nicht mathematische Arbeit. Die Praxis führte zur Gewissheit, dass unsere Berufswissenschaft nicht die Mathematik, sondern die Fachdidaktik sein müsse. Und wir sahen, dass unsere Berufswahl die richtige gewesen war.

Studium, zweiter Abschnitt

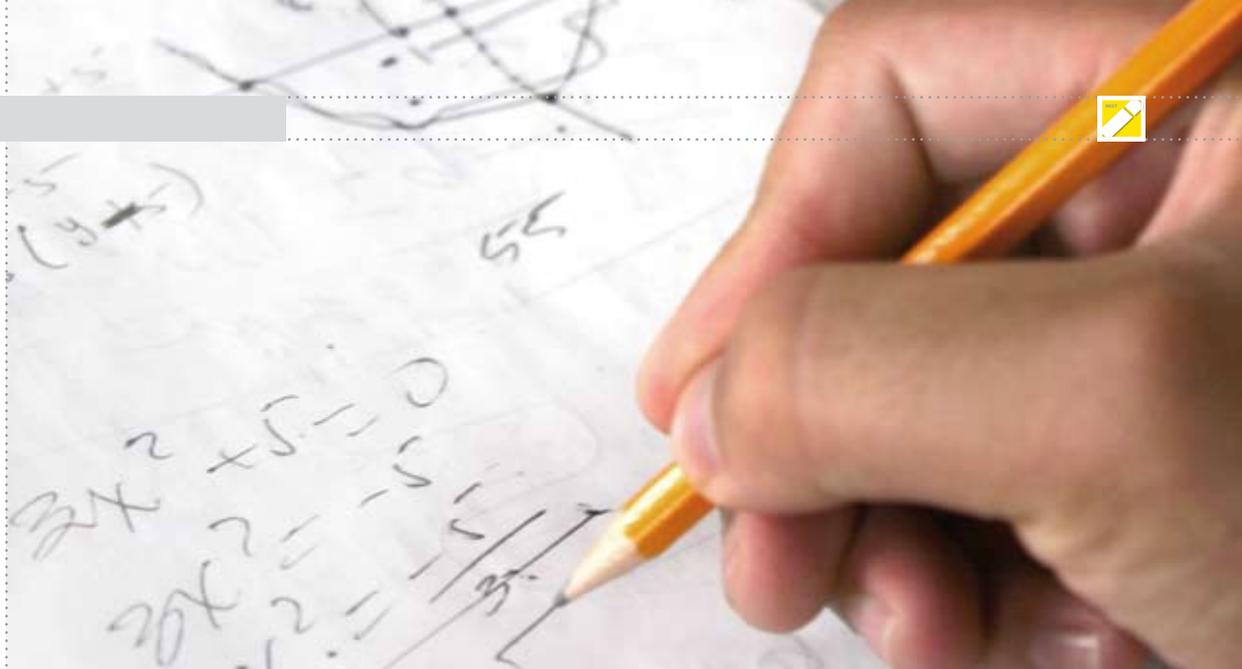
Das war (und ist noch) ein Spezifikum der Universität Klagenfurt, dass Lehrstühle am Mathematikinstitut den Zusatz „mit besonderer Berücksichtigung der Didaktik“ führten und – vor allem – dass dies zumeist (Dörfler, Fischer) kein Etikettenschwindel war.

Speziell im zweiten Studienabschnitt wurden hochinteressante Entwicklungsprojekte als Lehrveranstaltungen angeboten, an denen neben uns Studierenden auch unsere Universitätslehrer selbst mitarbeiteten. Zu den Kolloquien, in denen unsere Universitätslehrer ihre eigenen fachdidaktischen Forschungsarbeiten diskutierten, waren wir ebenfalls eingeladen. Und mehrfach wurden wir dort aufgefordert mitzudiskutieren. Wissenschaftliche Arbeit in statu nascendi miterleben zu dürfen, konnte uns Studierende nicht unbeeindruckt lassen. Das war vielleicht die Absicht der Universitätslehrer. Ihre Offenheit im Umgang miteinander und mit uns Studierenden bewundere ich noch heute im Rückblick. Dass die Diplomarbeit eine fachdidaktische war, die Unterrichtsentwicklung als Fokus hatte, war eigentlich nur folgerichtig.

Das erste Unterrichtsjahr

Vollgepackt mit Ideen und mit großem Tatendrang ging es dann voll in das Junglehrerleben hinein – ohne behutsames Eingewöhnen in einem Probejahr. Mathematikunterricht gleich in mehreren Unterstufenklassen, daneben auch in der Nachmittagsbetreuung mathematische Lernarbeit. Ehrgeizig versuchte ich meine fachdidaktischen Überzeugungen in konkrete Unterrichtsarbeit umzusetzen. Vieles gelang. Es war ein Jahr der 60-Stunden-Wochen, aber die viele Arbeit hat Spaß gemacht und Bestätigung gebracht. Erst unlängst habe ich eine Schülerin dieses ersten Unterrichtsjahrs wieder getroffen und sie hat sich noch an so manch Außergewöhnliches erinnert. Die fachdidaktischen Impulse, die ich aus meiner Universitätsausbildung erhalten hatte, wurden auch von den Schülerinnen und Schülern wahrgenommen. Einen ganz anderen Aspekt möchte ich hier aber nicht unerwähnt lassen: Im Lehrerkollegium geriet ich ein paar Mal wegen meiner etwas anderen Sicht auf die Lehrerarbeit in Debatten. Da hat mir die Fachdidaktik doppelt geholfen: Erstens verlieh mir mein fachdidaktisches Wissen Sicherheit, Stärke und auch die nötige Argumentationsbasis, zweitens half mir mein fachdidaktisches Vokabular sehr, mich verbal zu behaupten. Nebenbei ist es so auch gelungen, die Fachdidaktik und damit auch die Ausbildung an der Klagenfurter Universität in einem etwas anderen Licht erscheinen zu lassen.

¹ Bernhard Kröpfl ist Lehrer am Abendgymnasium Klagenfurt und Mitarbeiter am AECC Mathematik (Alpen-Adria-Universität Klagenfurt).



Unterricht und ...

Genauer betrachtet, entkommt man als Lehrerin bzw. Lehrer der Fachdidaktik überhaupt nie:

Wenn ich Unterricht plane, insbesondere dann, wenn ich Neues ausprobieren will, bin ich fachdidaktisch tätig.

Zeitschriften liegen bei uns im Konferenzzimmer auf, so komme ich auch hier mit fachdidaktischer Literatur in Berührung.

Gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen experimentiere ich mit neuen Unterrichtsformen. Es ist spannend, wenn wir gemeinsam neue Materialien entwickeln. In diesen „Workshops“ diskutieren wir über unsere Ideen, insbesondere über die Ziele dieser Maßnahmen, das sind fachdidaktische Diskussionen.

Ich denke über meinen Unterricht nach, spüre dem mathematischen Kern nach, will einen neuen roten Faden finden, diese Reflexionen sind fachdidaktisches Tun.

Ich will meine Unterrichtstätigkeit besser verstehen, dieses Nachdenken über die eigene Praxis ist (fach-)didaktisches Tun.

Ich besuche fachdidaktische Fortbildungen, bevorzuge länger dauernde Kurse mit nicht nur flüchtigem

Effekt.

Einige gleichgesinnte Lehrerinnen und Lehrer organisieren regelmäßig gemeinsame Fortbildungen, wir schreiben auch ein Buch miteinander, dieses ist fachdidaktisch geworden.

Über den neuen Lehrplan diskutieren wir heftig, für unseren Schultyp erarbeiten wir Variationen und formulieren und begründen so Lehrplanvorschläge, das ist fachdidaktisches Tun.

Für neue Schulpraktikantinnen und Schulpraktikanten war ich schon mehrmals Betreuungslehrer. Dabei sind meine praktische Routine und meine fachdidaktische Expertise gefragt.

Für ein interessantes Projekt der Universität Klagenfurt fing ich Feuer. Zusammen mit Lehrerinnen und Lehrern aus ganz Österreich arbeitete ich in einem Doktorandenkolleg mit. Das Resultat dieser Tätigkeit war eine fachdidaktische Arbeit.

Und für morgen steht wieder Mathematikunterricht am Stundenplan. Ich plane die nächste Unterrichtsstunde, das ist fachdidaktisches Tun.

... Es ist evident: Fachdidaktik ist für Lehrerinnen und Lehrer unausweichlich.

„Fachdidaktik ist wichtig!“

AKTUELLE IMST-VERANSTALTUNG

WOLLEN WIR DAS WIRKLICH WISSEN?

Chancen und Risiken von Bildungsmonitoring

Vortrag von Norbert MARITZEN und Simone TOSANA
(Institut für Bildungsmonitoring, Hamburg)



Freitag, 20. Februar 2009, Alpen-Adria-Universität Klagenfurt
19:00 – 20:30 Uhr (z-1.09, Universitätsstraße 65-67)

Anmeldung zum Vortrag bis 16. Februar an imst@uni-klu.ac.at. Weitere Informationen unter www.imst.ac.at

PHYSIKDIDAKTIK

Physiklernen ist schwierig. Darüber klagen Schüler/innen seit langem. Physiklehrkräften ist schmerzlich bewusst, wie wenig bei vielen Jugendlichen hängen-zubleiben scheint. Das belegen auch Vergleichsstudien wie TIMSS oder PISA. Außerdem gilt Physik unter Jugendlichen als eines der uninteressantesten Schulfächer. Diese beiden Problemfelder sind vermutlich mit dafür verantwortlich, dass immer weniger junge Menschen eine Berufstätigkeit im Bereich der Natur- oder Ingenieurwissenschaften anstreben. Aus gesellschaftlicher Sicht besteht dringender Handlungsbedarf, hieran etwas zu verändern.

Diese Frage fällt in den Kernbereich des Tätigkeitsgebiets der Physikdidaktik: Dort wird das Lehren und Lernen der Physik wissenschaftlich untersucht. Dabei geht es zum Beispiel darum, Wirkungsmechanismen zu identifizieren, die es Schüler/innen erleichtern, Physik zu lernen. Ein anderes Forschungsgebiet der Physikdidaktik ist es, herauszufinden, wie das Interesse von Kindern und Jugendlichen an Physik nachhaltig verbessert werden kann.

Dabei geht es in der Physikdidaktik aber nicht nur einseitig darum, Wirkungszusammenhänge aufzuklären. Genauso wichtig wie die Erweiterung des Wissensstands über den Physikunterricht ist es, konkrete Angebote für die Schulpraxis zu entwickeln. In diesem Sinne ist Physikdidaktik eine anwendungsbezogene Wissenschaft.

Interesse

Hier hat es in den letzten Jahrzehnten bemerkenswerte Entwicklungen gegeben. So liegen inzwischen fundierte Forschungsergebnisse im Bereich der Interessensforschung vor. Einer der Gründe für das im Lauf der Schulzeit nachlassende Interesse der Jugendlichen besteht darin, dass sie keine Beziehung zwischen den Inhalten des Physikunterrichts und ihrem Alltag sehen. Zudem werden viele der traditionell behandelten Beispiele (Rakete, Hydraulik, Schubkarre) von vielen Lernenden – besonders von den Mädchen – als uninteressant und als irrelevant für den Alltag eingestuft. Werden jedoch physikalische Aspekte aus Biologie oder Medizin (Tintenfisch, Blutdruck, Kiefergelenk) verwendet, so lässt sich der sonst

Warum ist Physiklernen so schwierig?

Fragestellungen und Ergebnisse der Physikdidaktik

beobachtete Interessensrückgang bei Mädchen und Burschen zumindest verringern. Aufgrund dieser Erkenntnisse ist eine Vielzahl an Unterrichtsmaterialien entwickelt worden, die es den Lehrkräften ermöglicht, ohne größeren Aufwand solche Beispiele in den eigenen Unterricht zu integrieren (siehe z. B. Berger, 2000 oder Colicchia, 2008, siehe Abb. 1).

Schülervorstellungen

Erheblich aufwändiger gestaltet sich physikdidaktische Forschung bei der Frage, warum das Lernen von Physik so schwierig ist. Forschungsergebnisse zu „Schülervorstellungen“ erklären aber zumindest einen Teil der Schwierigkeiten beim Physiklernen: Lernen ist ein aktiver, konstruktiver Prozess: Die Bedeutung der eintreffenden Sinneseindrücke muss von jedem Individuum selbst aktiv konstruiert werden. Konstruktion ist dabei nicht als handwerkliche sondern als geistige Tätigkeit zu verstehen. Es ist nicht möglich, eine Bedeutungszuschreibung von anderen Menschen direkt zu übernehmen. Stets muss ein Konstruktionsprozess stattfinden, damit Sinn entsteht. In der Regel gelingt uns das sehr gut: Innerhalb vergleichsweise kurzer Zeit lernt ein Kind, sich die Vorgänge des Alltags sinnvoll zu erklären. Für die Bewältigung des Alltags haben sich diese Vorstellungen wiederholt bewährt. Allerdings stimmen diese Schülervorstellungen in der Regel nicht mit physikalischen Erklärungen überein. Diese sind in der Regel sehr abstrakt und manchmal sogar mit dem „gesunden Menschenverstand“ nicht ohne Weiteres einzusehen.

Die Identifikation der Vorstellungen der Lernenden in der Physik war einer der Schwer-

von **Martin Hopf**¹

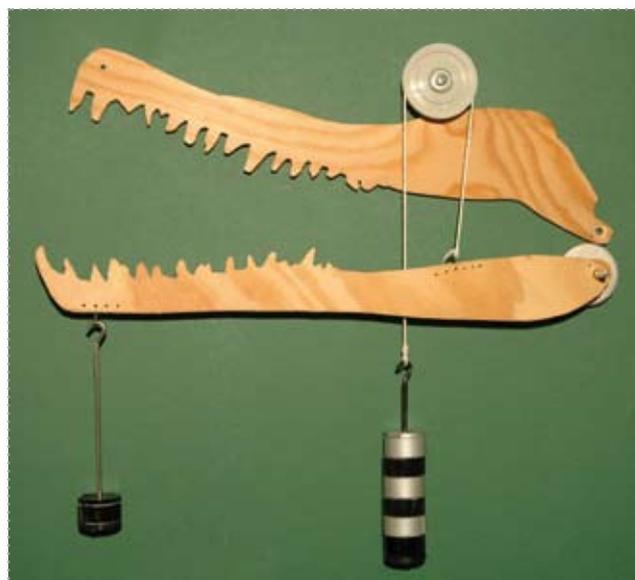


Abbildung 1: Hebelgesetz am Krokodilsgebiss (vgl. Colicchia 2008)

¹ Martin Hopf ist Professor für Physikdidaktik und leitet das AECC Physik (Universität Wien).



Abbildung 2a: Zweizuführungsvorstellung. Aus beiden Laschen fließt die gleiche Substanz in gleicher Menge zum Lämpchen



Abbildung 2b: Verbrauchsvorstellung. Hinter dem Lämpchen fließt ein geringerer Strom als in der Hinleitung, wobei sich als Variante auch die Qualität der Substanz verändern kann.



Abbildung 2c: Zweisubstanzvorstellung. Aus den beiden Batterieanschlüssen fließt jeweils eine unterschiedliche Substanz zum Lämpchen. (vgl. Supra 2008)

punkte der physikdidaktischen Forschung der letzten Jahrzehnte. In der Datenbank STCSE (Duit, 2007) sind alle dazu erschienenen Forschungsartikel aufgelistet, die wichtigsten Schülervorstellungen sind in einem Sammelband (Müller, Wodzinski & Hopf, 2007) enthalten.

Konsequenzen für den Physikunterricht

Schülervorstellungen erschweren oft das Physiklernen: Wenn ein/e Schüler/in eine Erklärung für eine Beobachtung mit in den Unterricht bringt, die mit der physikalischen Betrachtungsweise nicht übereinstimmt, so besteht für ihn/sie keine Notwendigkeit, die eigene Idee aufzugeben und die physikalische zu übernehmen. Oft ist es sogar so, dass die physikalische Beschreibung eines Sachverhalts wesentlich weniger intuitiv zu durchschauen ist als die Vorstellung des Lernenden. Erst recht gibt es dann keinen Grund, die eigene Sichtweise zu ändern.

Ein gutes Beispiel hierfür sind Vorstellungen vom Stromkreis. Zeigt man Kindern eine Anordnung von Batterie, Drähten und Glühlämpchen und fragt nach einer Erklärung, so äußern die Kinder in der Regel eine der in den Abbildungen 2a-c beschriebenen Vorstellungen:

Die physikalische Vorstellung des Stromkreises äußern nur wenige Kinder spontan. Sie erscheint ihnen so unplausibel, dass sogar Lernende mit einer richtigen Vorstellung nach einigem Nachdenken (oder einer Diskussion mit anderen Kindern) zu einer anderen (physikalisch falschen) Vorstellung wechseln. Dass Schüler/innen im Unterricht eine physikalische Sichtweise

des Stromkreises erlernen, ist eine schwierige Aufgabe. Zu erreichen ist das nicht, indem man kurz demonstriert, dass kein Strom verbraucht wird und einen Merksatz ins Heft diktiert. Vielmehr ist bei der Unterrichtsplanung zu berücksichtigen, dass die Kinder und Jugendlichen in der Regel mit eigenen, oft unphysikalischen Vorstellungen in den Unterricht kommen und diese nicht ohne weiteres aufgeben werden.

Konsequenzen für die Physikdidaktik

Die Kenntnisse über die Alltagsvorstellungen der Schüler/innen sind als verlässlich einzustufen. Weniger gut sind die Forschungsergebnisse der Physikdidaktik bei der Frage, wie erreicht werden kann, dass Lernende physikalische Vorstellungen akzeptieren. Dabei ist nicht zu erwarten, dass ein Patentrezept gefunden werden kann. Die Vielzahl möglicher Schülervorstellungen legt nahe, dass inhaltspezifisch vorgegangen werden muss. Eine Forschungsfrage kann dann lauten: Wie gelingt es am besten, Kindern die Vorstellung des Stromkreises zu vermitteln? Ein solches Vorgehen in der Forschung ist naturgemäß langwierig. Daher kann die Physikdidaktik bisher nur wenige Anregungen für die Schulpraxis zur Frage geben, was gegen die Schwierigkeit des Physiklernens unternommen werden kann. Umso wichtiger ist es, dass Lehrkräfte sich ebenso um dieses Problem bemühen, wie der nachfolgende Beitrag von Gerhard Rath eindrucksvoll demonstriert. Nur in enger Kooperation zwischen Schulpraxis und fachdidaktischer Forschung wird es uns gelingen, Physiklernen etwas leichter zu machen.

Literatur:

- Berger, R. (2000). *Moderne bildgebende Verfahren der medizinischen Diagnostik – Ein Weg zu interessanterem Physikunterricht*. Berlin: Logos.
- Colicchia, G. (2008). *Physikunterricht im Kontext von Medizin und Biologie. Entwicklung und Erprobung von Unterrichtseinheiten zur Steigerung des Interesses und für den fachübergreifenden Physikunterricht*. Berlin: Logos.
- Duit, R. (2007). *Students' and Teachers' Conceptions and Science Education*. Online unter <http://www.ipn.uni-kiel.de> [September 2008].
- Müller, R., Wodzinski, R. & Hopf, M. (2007). *Schülervorstellungen in der Physik*. Köln: Aulis.
- Supra (2008). *Sachunterricht Praktisch*. Online unter: www.lmu.de/supra [September 2008].

Was ist eigentlich elektrischer Strom?

Ein didaktisch fundierter Zugang zur Elektrizitätslehre in der Sekundarstufe 1

von Gerhard Rath¹

Der traditionelle Weg, um Elektrizität in der Unterstufe einzuführen, entspricht nicht dem aktuellen Stand didaktischer Forschung. Nach einer Kritik an diesem Zugang werde ich einen konstruktivistisch orientierten Weg vorstellen, der mehrfach in 3. Klassen durchgeführt bzw. mit diesen entwickelt wurde.

Fast alle österreichischen Schulbücher der Unterstufe beginnen mit *Atombau* und geladenen Teilchen, um daraus ein Modell für den elektrischen Stromkreis und die zentralen Begriffe *Spannung*, *Stromstärke* und *Widerstand* zu entwickeln. Dieser Weg muss aus didaktischer Sicht kritisch beurteilt werden.

1. Der Zugang beginnt mit abstrakten Konzepten statt mit sinnlich erfahrbaren Phänomenen. Das *Teilchenmodell* bringt auf dieser Stufe keine sinnvolle Verständnishilfe für elektrische Phänomene. Angemerkt sei dazu, dass auch aus historischer Sicht alle diese Phänomene bereits vor der Entdeckung des Elektrons (ca. 1900) erklärt und mathematisch modelliert waren.
2. Es wird nicht auf *typische Vorstellungen Jugendlicher* eingegangen. Zu diesen liegen seitens der Physikdidaktik ausgiebige Untersuchungen vor.
3. Der traditionelle Weg geht an der *Alltagswelt der Schüler/innen* vorbei. Er konzentriert sich auf die Begriffe Spannung, Stromstärke und Widerstand und zielt dann auf das Ohm'sche Gesetz als eine Art Heiligtum der Elektrizitätslehre.

Dieser Zugang zur Elektrizität aus dem *Atombau* ist abgespeckte Hochschulphysik. Er ist stärker fachsystematisch als lernpsychologisch fundiert und widerspricht so in wesentlichen Aspekten der *konstruktivistischen Didaktik*. Kein Wunder, dass er nicht funktioniert – ebenfalls eine gut untersuchte Tatsache.

Was ist eigentlich elektrischer Strom? Wenn Sie Physik unterrichten, dann stellen Sie diese Frage ihren Schüler/innen und hören Sie zu! Oder versuchen Sie selbst eine Antwort. Sehr oft wird Strom mit **Energie** gleichgesetzt, und das nicht ohne Grund: Tatsächlich dient uns die Elektrizität im Alltag hauptsächlich zum Transport von Energie. Hier klingen schon zwei Aspekte des im Folgenden skizzierten Zugangs an:

- Leistung und Energie sind die zentralen Begriffe,
- reflektiertes Verwenden der Alltagssprache.

Weitere Aspekte sind:

- Arbeit an und mit Phänomenen, erfahrungsgelitetes Lernen
- Eingehen auf die Vorstellungen der Schüler/innen
- Anwenden eines altersgemäßen Modells für Stromkreise.

Die konkrete Abfolge orientiert sich an den unten genannten deutschen Lehrbüchern für die Sekundarstufe 1.

1. Wozu brauchen wir den elektrischen Strom im Alltag?

Hier geht es um ein Bewusstmachen der Wichtigkeit dieser Technologie insbesondere für den Transport von Energie und Information.

2. Bau einfacher Schaltungen mit Lämpchen, Schaltern und Batterien.

Mit dieser Sequenz, die mehrere Wochen dauern kann, sollen grundlegende Phänomene verankert werden: Was benötigt man für eine funktionierende Schaltung? Wie baut man sie auf? Was kann man beobachten? Als sinnlicher Indikator und eine Art Messgröße fungiert die Helligkeit der Lämpchen. Wichtige Begriffe auf dieser Stufe sind zum Beispiel: Leiter, Isolator, Wackelkontakt, Kurzschluss. Die Stromkreise werden auch gezeichnet, zuerst bildhaft, dann symbolisch (Schaltskizzen).

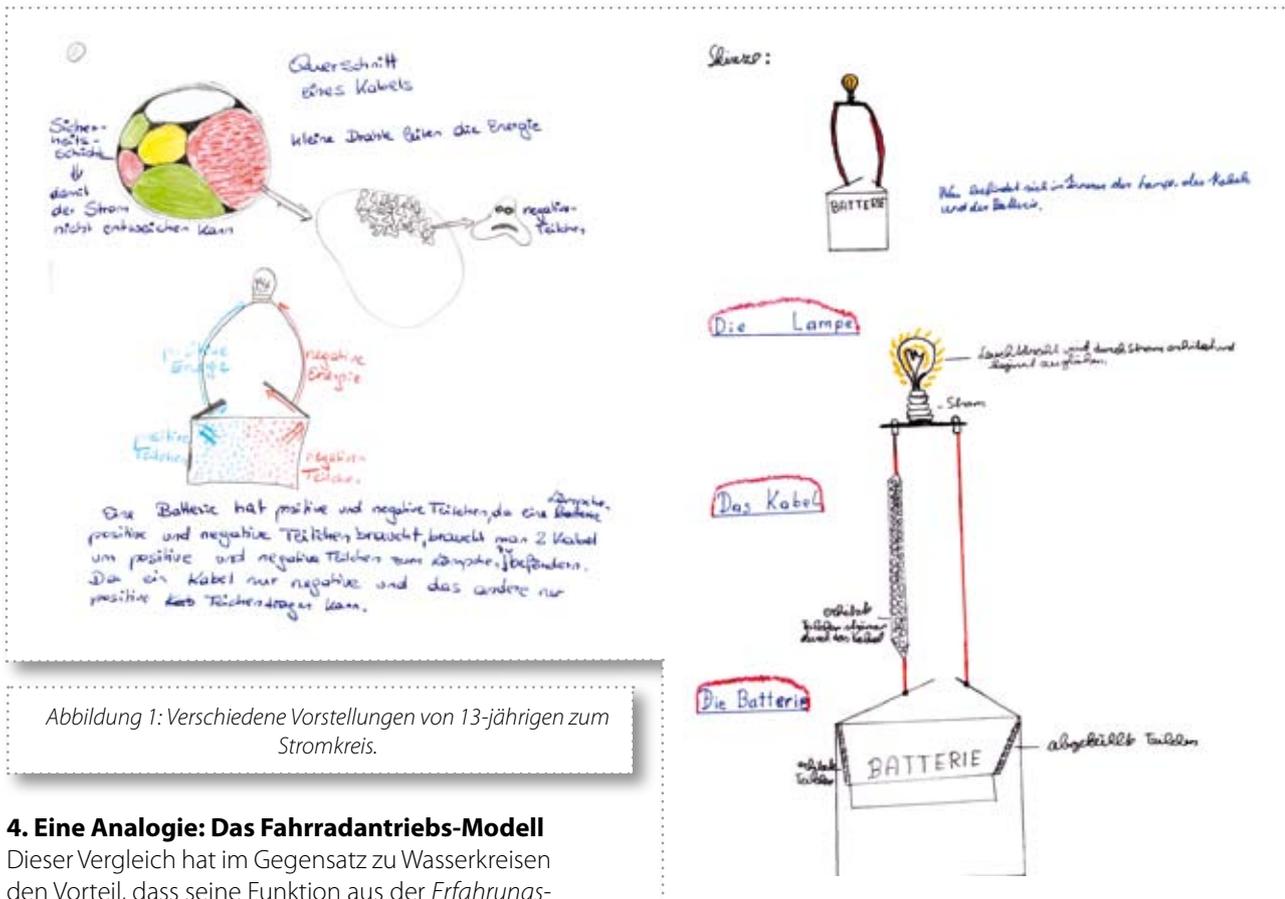
3. Eigene Modelle für den Stromkreis.

Frage: Was ist da eigentlich los in der Lampe, in den Leitungen und in der Batterie? Stellen wir uns vor, wir könnten mit einem ganz starken Mikroskop hineinschauen, was könnten wir sehen? Die Schüler/innen zeichnen ihre Vorstellungen und diskutieren sie.

In Übereinstimmung mit der didaktischen Forschung zeigte sich, dass überwiegend **Teilchenmodelle** verwendet werden, meist mit 2 Arten: „plus“ und „minus“. Häufig taucht die Meinung auf, dass diese beiden „Stoffe“ in der Batterie erzeugt werden, aus ihren Polen austreten und sich in der Lampe treffen, um dort auf irgendeine Art Energie zu erzeugen. Eine andere Vorstellung ordnet den Teilchen eine „Ladung“ oder „Hitze“ zu, die sie in der Batterie erhalten und in der Lampe abgeben.

Die Konfrontation mit den zuvor erfahrenen Phänomenen (etwa den Helligkeiten bei Serienschaltungen) zeigt schnell, dass wir mit diesen Modellen keine befriedigenden Erklärungen erhalten.

¹ Gerhard Rath ist Lehrer am BRG Kepler und Mitarbeiter des Regionalen Fachdidaktikzentrum für Physik Graz.



4. Eine Analogie: Das Fahrradtriebs-Modell

Dieser Vergleich hat im Gegensatz zu Wasserkreisen den Vorteil, dass seine Funktion aus der *Erfahrungswelt der Jugendlichen* geläufig ist. Ähnlich wie vom Antrieb (Pedale) über die Kette an das Hinterrad Energie übertragen wird, treibt die Batterie einen Kreis von „Elektrizität“, der Energie an die Lampe überträgt. Wie schnell dies geschieht, beschreibt die Größe „Leistung“ (Watt), die wir als Helligkeit der Lampe wahrnehmen.

Elektrischer Strom ist in diesem Bild die Energie, die von einem kontinuierlichen Fluss von Elektrizität transportiert wird.

5. „Verbraucher“ im Alltag

Welche Watt-Zahlen treten bei Geräten auf, die wir verwenden (Haushalt, Elektronik ...)? Wie viel Energie wird jeweils umgesetzt? Was kostet sie? Wie kann man Energie sparen? Mit dieser Einbindung des Alltags rollen wir den Stromkreis von jener Seite auf, die den Schüler/innen am nächsten liegt: den „Verbrauchern“ von Strom (Wandlern elektrischer Energie).

6. Zwei Aspekte der Leistung: Stärke und Menge

Wie schnell wir mit dem Fahrrad voran kommen, hängt von zwei Aspekten ab: Wie stark wir treten und wie schnell wir treten. Genauso hat die elektrische Leistung (und Energie) diese Eigenschaften: die Stärke nennt man „Spannung“, die Schnelligkeit (bzw. Menge von Elektrizität) „Stromstärke“. Die hauptsächliche Verwendung der zugehörigen Einheiten *Volt* und *Ampere* mindert ein wenig das

Problem, dass der Mengenaspekt historisch mit dem Wort „...stärke“ in Verbindung gebracht wurde. Diese beiden Größen werden an verschiedenen Verbrauchern und Quellen gemessen, ihr Produkt ergibt die elektrische Leistung.

7. Kombinierte Schaltungen und Modelle

Das verwendete Modell hat auch seine Grenzen: Kombinierte Schaltungen mehrerer Lämpchen sind damit nicht so ohne weiters zu erklären. Wie können wir unsere ersten Vorstellungen damit in Einklang bringen und so das Modell verbessern? Mit der Fahrradkette als zusammenhängendem Strom von Teilchen, die in der Batterie unter Spannung gesetzt werden, können wir über Serien- und Parallelschaltungen zum Ohm'schen Gesetz gelangen.

Somit endet dieser Zugang dort, wo der konventionelle beginnt. Im Gegensatz zu diesem hat sich jedoch das Wissen über Stromkreise aus Erfahrung, Alltagsbezügen und Arbeit mit eigenen Vorstellungen entwickelt und gefestigt.

Materialien:
<http://rath.brgkepler.at>

Literatur:

- Muckenfuß, H. & Walz, A. (1997). *Neue Wege im Elektrik-Unterricht*. Köln: Aulis-Verlag.
 Duit, R. et. al. (1994). *Physik 5/6, Physik 7/8. Lehrbücher für die Sekundarstufe 1*. Frankfurt: Konkordia.
 Müller, R., Wodzinski R. & Hopf M. (2004). *Schülervorstellungen in der Physik*. Köln: Aulis-Verlag.
 Duit, R. (2002). Alltagsvorstellungen und Physik lernen. In E. Kircher & W. Schneider (Hrsg.), *Physikdidaktik in der Praxis* (S. 1-26). Köln: Aulis-Verlag.