

Stork, Heinrich

Was bedeuten die aktuellen Forderungen "Schülvorstellungen berücksichtigen, 'konstruktivistisch' lehren!" für den Chemieunterricht in der Sekundarstufe I?

Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 1 (1995) 1, S. 15-28



Quellenangabe/ Reference:

Stork, Heinrich: Was bedeuten die aktuellen Forderungen "Schülvorstellungen berücksichtigen, 'konstruktivistisch' lehren!" für den Chemieunterricht in der Sekundarstufe I? - In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 1 (1995) 1, S. 15-28 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-314654 - DOI: 10.25656/01:31465

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-314654>

<https://doi.org/10.25656/01:31465>

in Kooperation mit / in cooperation with:



IPN

Leibniz-Institut für die Pädagogik der
Naturwissenschaften und Mathematik

<https://www.leibniz-ipn.de>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS

DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung

E-Mail: pedocs@dipf.de

Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

HEINRICH STORK

Was bedeuten die aktuellen Forderungen „Schülervorstellungen berücksichtigen, 'konstruktivistisch' lehren!“ für den Chemieunterricht in der Sekundarstufe I?

Herrn Professor Helmut Wenck zum 60. Geburtstag gewidmet.

Zusammenfassung:

Man mag die „konstruktivistische“ Lehrweise, die zur Zeit einen Hauptgegenstand der naturwissenschaftsdidaktischen Diskussion darstellt, nicht ohne ein gewisses Mißtrauen betrachten; viele ihrer Elemente sind nicht neu. Aber diese Erörterungen stellen uns mit Nachdruck vor Augen, daß es im naturwissenschaftlichen Unterricht ein Defizit an eigentätig-konstruktivem Lernen gibt. Der Weg, der uns zur Behebung dieses Defizits empfohlen wird, lenkt unsere Aufmerksamkeit auf die von der Lebenswelt geprägten Vorstellungen über natürliche und technische Phänomene, die unsere Schülerinnen und Schüler in die Schule mitbringen. Von ihnen muß der Unterricht ausgehen, um sie zum Teil zu ergänzen, zum Teil umzugestalten. Auf diese Weise wird der Lernprozeß einerseits der Mahnung Ausubels gerecht, man müsse von dem ausgehen, was die Lernenden bereits wissen; andererseits erfüllt er die Forderung nach eigentätiger Erweiterung der je individuellen kognitiven Struktur. Das gemeinsame Bemühen um eine angemessene sprachliche Fassung des neu Erkannten läßt die Lernenden ihre Übereinstimmung in begründeten Sachurteilen erleben.

Abstract:

The „constructivist“ method of teaching, which is currently a major issue of discussion in science teaching, may be regarded with some distrust; many of its elements are not new. But these discussions bring home strongly to us that a deficiency in active and constructive learning exists in science instruction. The way that is recommended to us to rectify this deficiency draws our attention to conceptions on natural and technical phenomena which are formed in every day life. Pupils bring these conceptions to school. Instruction has to start from these conceptions, partly to complete them, partly to change them. In this way the learning process does justice, on the one hand, to Ausubel's warning that one should commence with the available knowledge which the learner already has acquired. On the other hand, the process fulfils the demand for active expansion of the ever individual cognitive structure. The mutual effort to find a suitable linguistic version for the newly gained piece of knowledge enables the learner to experience his or her agreement in well-founded judgements on a subject.

Im Titel meines Beitrags¹ treten zwei Begriffe auf, die der Klärung bedürfen. Welche Vorstellungen der Schüler sind gemeint? Und was heißt „konstruktivistisch“, was das dazugehörige Subjekt „Konstruktivismus“?

1. Kein Weg zum „Ding an sich“: der erkenntnistheoretische Konstruktivismus Immanuel Kants

Um mit dem Letzteren zu beginnen: Es gibt den 'Konstruktivismus' im erkenntnistheoretischen Sinn, und es gibt ihn im lerntheoreti-

schen Sinn. Der erkenntnistheoretische Konstruktivismus stammt von Immanuel Kant. Nach der Lehre Kants gibt es die Gegenstände unserer Umwelt – den Baum, die Vögel, die in ihm singen, das Pult hier und den Projektor dort – nur als Bewußtseinsinhalte, nicht als unabhängig von unserer Beobachtung existierende Gegenstände „an sich“. Nach Kant mag es zwar eine „an sich“, also unabhängig von unserem Bewußtsein existierende Welt geben, aber zu dieser haben wir keinerlei Zugang (Kant, 1787, XXVI). Sie „affiziert“ zwar unsere Sinne, wie Kant sagt

¹ Schriftliche Fassung eines Vortrags, der am 8. September 1994 auf der Jahrestagung der GDCh-Fachgruppe 'Chemieunterricht' in Halle gehalten wurde.

(Kant, 1787, 75; Kant, 1798, 25f); sie vermittelt uns aber nur eine Vielzahl völlig ungeordneter Empfindungen. Durch Verarbeitung dieses Chaos mit Hilfe der Ordnungsmittel des Verstandes schafft sich der Mensch die Gegenstände als Gedankendinge selbst.

Wie geht das zu? Nach Kant verfügt der Mensch über reine Anschauungsformen und reine Verstandesbegriffe. „Rein“ heißt hier „frei von Erfahrung“; die Anschauungsformen und Verstandesbegriffe sind also nicht aus dem Material der Erfahrung abstrahiert, sondern sind vor aller Erfahrung, „a priori“, da. Solche Anschauungsformen sind nach Kant Raum und Zeit, und solche Verstandesbegriffe sind z.B. Einheit, Vielheit, Wechselwirkung und Notwendigkeit (vgl. Kant, 1787, 33-53, 95-109).

Ein Vergleich der Raum- und Zeitauffassung Newtons mit der Kants verdeutlicht den Bruch zwischen der Lehre Kants und der herkömmlichen Vorstellung von Erkenntnis. Bei Newton ist der „absolute Raum“ eine Art großes Gefäß, in dem alle Geschehnisse ablaufen. Analoges gilt für die Zeit, sie verfließt gleichförmig „an sich“, und alles zeitliche Geschehen kann diesen Fluß eine Zeitlang begleiten. Bei Kant dagegen sind Raum und Zeit reine Anschauungsformen des Bewußtseins, mit ihrer Hilfe werden die wirren Sinnesempfindungen vom Subjekt einer ersten Ordnung unterworfen. Treffend ist dieser Gegensatz in dem bekannten Diktum formuliert: „Vor Kant war der Kopf im Raum; nach Kant ist der Raum im Kopf“. Aber nicht nur die Anschauungsformen sind a priori da, sondern auch die Verstandesbegriffe oder Kategorien, mit deren Hilfe unsere Wahrnehmungen und Vorstellungen weiter gebündelt und geordnet werden. Bild 1 soll die Kantsche Erkenntnistheorie abkürzend verdeutlichen.

Das „Ding an sich“ affiziert also unsere Sinne; die in unserem Bewußtsein auftretenden Sinnesempfindungen werden durch die Anschauungsformen Raum und Zeit zu Wahrnehmungen und Vorstellungen. Die Synthese der einzelnen Wahrnehmungen zum Gegenstand, zur Substanz, erfolgt dann mit Hilfe von

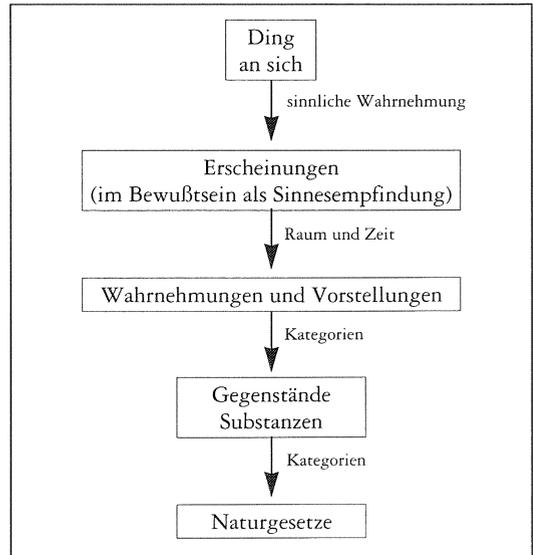


Bild 1: Schematische Darstellung der Erkenntnistheorie Kants

Kategorien; das sind reine Verstandesbegriffe, die, wie das Adjektiv „rein“ sagt, ebenfalls vor aller Erfahrung da sind. Konkretisieren wir diese Aussagen durch ein Beispiel: Wenn wir einen Baum betrachten, so sehen wir Stamm und Rinde, Äste, Blätter, Blüten; wir haben es also zunächst mit dem „Mannigfaltigen der Anschauung“ (Kant, 1787, 104) zu tun. Aber zugleich erkennen und beurteilen wir dieses Mannigfaltige als Stamm, Rinde etc. eines Gegenstandes, als eben diesen identischen Gegenstand bildend. Dabei konstatieren wir eine Vielheit von Blättern, aber sie gehört zur Einheit „Baum“; der Baum ist das Ganze, Äste und Rinde sind Teile. Einheit, Vielheit und Ganzheit sind nach Kant Verstandeskategorien, Weisen der Verknüpfung durch den Verstand, durch die aus dem „Mannigfaltigen der Anschauung“ überhaupt erst der einheitliche Gegenstand wird. Er wird also durch Verstandestätigkeit geschaffen; ob er „an sich“, unabhängig von unserer Beobachtung existiert, darüber wissen wir nichts; so weit reicht menschliches Erkennen nicht. Und wenn schon die vergleichsweise wenig komplexen Gegenstände oder Substanzen von den Kategorien konstituiert werden, so gilt das um so mehr für die Verknüpfung der Substan-

zen untereinander, das heißt für die Aufstellung von Naturgesetzen. Diese erfolgt vor allem vermittelt der Kategorie der Kausalität: Die gesetzmäßige Verknüpfung zwischen Ursache und Wirkung kommt also nicht der realen, an sich seienden Welt zu, sondern ist eine für den menschlichen Verstand spezifische Art der Verknüpfung von Gegenständen. In diesem Sinne sagt Kant, daß der Verstand der Natur die Gesetze vorschreibe (vgl. Kant, 1783, 113) – wobei die Natur freilich nicht mehr ist als eine Summe von Bewußtseinsinhalten. Zur an sich seienden Welt haben wir also keinen Zugang; sie affiziert unsere Sinne, bleibt aber unbekannt: „Was es für eine Bewandnis mit den Gegenständen an sich und abgesondert von aller dieser Rezeptivität unserer Sinnlichkeit haben möge, bleibt uns gänzlich unbekannt. Wir kennen nichts als unsere Art, sie wahrzunehmen ... die auch nicht notwendig jedem Wesen, ob zwar jedem Menschen, zukommen muß“ (Kant, 1787, 59).

Man sieht, warum man diese Position 'konstruktivistisch' nennt: Aus einem „Gewühl von Empfindungen“ werden durch die Anschauungsformen Raum und Zeit – und das sind Verstandeskkräfte – Wahrnehmungen und Vorstellungen; aus diesen werden durch kategoriale Verarbeitung – wohlge­merkt: mit den Kategorien des Verstandes – Gegenstände und Substanzen. Mit anderen Worten: Wir konstruieren diese selbst, um schließlich mit Hilfe weiterer Kategorien Beziehungen zwischen ihnen zu konstruieren: die Naturgesetze. Es ist diese Erkenntnistheorie, die durch Publikationen vor allem von v. Glasersfeld (v. Glasersfeld, 1987; v. Glasersfeld, 1992) in das Bewußtsein vieler Didaktiker gehoben wurde.

2. Vom Aufbau kognitiver Strukturen: Konstruktivismus im lerntheoretischen Verständnis

Aber der (bisher kurz vorgestellte) erkenntnistheoretische Konstruktivismus ist nicht das Thema dieses Beitrags; dieser befaßt sich mit dem lerntheoretischen Konstruktivismus. Leider wird in der Literatur oft nicht deutlich

genug zwischen beiden unterschieden. Gewiß gibt es Parallelen: Auch der lerntheoretische Konstruktivismus widmet sich der Frage, wie im Kopf des Lernenden Vorstellungen, Begriffe und Regeln aus Erfahrungen gebildet werden. Aber er verzichtet auf die Erörterung der Frage, in welchem Verhältnis die Konstrukte des Verstandes zur „realen Welt“, zur Wirklichkeit „an sich“ stehen. Das ist wichtig, weil es viele für den Lernprozeß unwichtige Diskussionen erspart; es ist nämlich keine Einigkeit darüber zu erzielen, ob diese Konstrukte nichts als Konstrukte sind, wie Kant das lehrt, oder ob sie es nicht doch zu einer strukturellen Ähnlichkeit mit der „realen Welt“ bringen. Über diese Frage wird seit Jahrhunderten gestritten, und eine Einigung ist nicht in Sicht. Darüber hinaus muß eine konstruktivistische Lerntheorie, die für die Schule relevant sein soll, auch nach der Rolle des Lehrers oder der Lehrerin fragen, ebenso nach den Besonderheiten gemeinschaftlicher Lernprozesse; im erkenntnistheoretischen Konstruktivismus gibt es nichts Entsprechendes.

Allerdings: Welche Rolle kann dem Lehrer oder der Lehrerin zukommen, wenn Lernen als konstruktive Eigentätigkeit von Individuen angesehen wird? Keineswegs kann die Lehrperson ihr Wissen durch schlichte Mitteilung aus ihrem Kopf in die Köpfe der Lernenden übertragen; das ist die wohl wichtigste Aussage der konstruktivistischen Lerntheorie. Auf diese Weise läßt sich allenfalls die Kenntnis von Einzelfakten vermitteln; aber um diese geht es ja nicht. Es geht um das Lernen wichtiger Teile der Naturwissenschaften, also von Begriffen und Regeln, die in einem Zusammenhang stehen, ein Netz bilden. Und aktives, das heißt anwendbares, vielfach verknüpftes Wissen dieser Art läßt sich nur erwerben, indem jedes lernende Individuum es für sich konstruiert. Dabei lernt es zugleich, wie ein solches Wissen zustande kommt, wie man es also erweitern und vielleicht noch besser verknüpfen kann. Weiß man sich schließlich in diesem Netz zu bewegen, so kann man viele Einzelabläufe einordnen und aus Ursachen verständlich machen.

Die sogenannte Experten-Novizen-Forschung hat vielfach gezeigt, daß Experten nicht nur mehr Wissen haben, sondern ein besser verknüpftes Wissen; dies macht sie zu den erfolgreicheren Problemlösern.

Wie ist der Konstruktionsprozeß beschaffen, mit dessen Hilfe das lernende Individuum sich naturwissenschaftliche Kenntnisse erarbeitet? Die Antwort auf diese Frage soll wiederum – wie schon bei der Erkenntnistheorie – nicht bei einem aktuell publizierenden Autor gesucht werden, sondern beim Urheber der Auffassung des Lernens als Konstruktion: bei Jean Piaget.²

Nach Piaget – der von Hause aus Biologe war – ist der Lernprozeß ein Anpassungsprozeß. Jeder Organismus suche möglichst intakt zu bleiben; dies gelinge ihm, indem er sich funktionell anpasse. Im einfachsten Fall geschieht dies durch Reflexe. Leuchtet man zum Beispiel in einem halbdunklen Raum mit einer Taschenlampe einer Versuchsperson plötzlich ins Auge, so verkleinert sich die Pupille sofort. Der Zweck dieser Verkleinerung liegt auf der Hand: Helligkeitssprünge sind für das Sehen nachteilig, deswegen werden sie durch den Pupillenreflex reduziert.³ Der Organismus sorgt für ein Gleichgewicht zwischen sich und der Umwelt. (Der Ausdruck „Gleichgewicht“ mag den Physiker und Chemiker stören; gemeint ist die Schaffung von Bedingungen, die der Koexistenz des einzelnen mit der Umwelt zugutekommen.) Die Einstellung dieses Gleichgewichts heißt „Äquilibration“; auf diese Äquilibration zielt der Entwicklungs- und Lernprozeß des Individuums. Sie ist nur möglich, wenn der Organismus entsprechende Strukturen aufweist; dies wurde anhand des biologischen Beispiels deutlich.

Ebenso, wie uns unsere biologische Struktur biologische Regulationen erlaubt, ermöglicht

uns unsere kognitive Struktur kognitive Regulationen. Allerdings: Die biologische Struktur und ihre Entwicklung ist uns angeboren, die kognitive Struktur ist es nicht; sie muß – nach Piaget – durch ständige Auseinandersetzung des Individuums mit seiner Umwelt entwickelt werden. Die biologische Reifung spannt dazu zwar einen wachsenden Rahmen des Möglichen auf, aber die Realisierung dieser Möglichkeiten obliegt der individuellen Aktivität. Diese Aktivität führt zur Ausbildung nicht angeborener Strukturen. Schon das dreijährige Kind beginnt mit der Entwicklung von Klassifikationsschemas, in die es seine Beobachtungen einordnet. (Diese Klassifikationsschemas nennt man gewöhnlich „Begriffe“; ihre Entwicklung und Präzisierung beschäftigt uns ein Leben lang.) Mit Hilfe solcher Schemas wird „assimiliert“. So assimiliert ein Kind zum Beispiel alle Tiere als „Wau-wau“, nachdem es diese Zuordnung an einem oder an mehreren Hunden gelernt hat. So kann man – wenn man die ionische Bindung am Lithiumchlorid kennengelernt hat – auch die Bindung im Natriumfluorid, im Calciumoxid als „ionische Bindungen“ assimilieren. Warum dieser Vorgang „Assimilation“ heißt, ist wohl einsichtig: Es handelt sich in der Tat um eine subjektive Angleichung der Umwelt an das Individuum, durch die Klassifikations- und Erklärungsschemas des Individuums. Umgekehrt müssen ungeeignete oder unzureichende Schemas umgeformt, präzisiert und damit den subjektiv veränderten Umweltbedingungen angepaßt werden. Das „Wau-wau“-Schema muß verändert werden, wenn das Kind außer Hunden noch Katzen und Ponys kennengelernt hat; und das Schema „ionische Bindung“ paßt offenbar nicht auf das Schwefeldioxid und den Tetrachlorkohlenstoff, weil hier offensichtlich keine Ionengitter vorliegen. Im Falle der ionischen

² Eine Einführung in die Piagetsche Theorie geben Ginsburg und Opper (1975) und Pulaski (1975). Die Bedeutung dieser Theorie für den Chemieunterricht wird in Gräber und Stork (1984) entfaltet.

³ Er kommt folgendermaßen zustande: Die Pupille wird von der Iris (Regenbogenhaut) begrenzt. Diese besteht aus undurchsichtigen Muskeln, die beim Kontrahieren die Pupille verengen, beim Erschlaffen weiten. Tritt ein Helligkeitssprung auf, so melden die Lichtsinneszellen der Netzhaut dies über den Sehnerv an das Gehirn. Von dort gehen Signale an die Irismuskeln beider Augen. Sie führen bei steigender Helligkeit zur Verkleinerung, bei sinkender zur Vergrößerung der Pupille.

Bindung, etwa beim Lithiumchlorid, wird das Elektronenpaar, das durch den Elektronenübergang entsteht, gänzlich einem Atom zugeordnet, das dadurch zum Anion wird. Teilen sich zwei Chloratome ein Elektronenpaar, so gehört es beiden gleichermaßen. Aber das sind nur Grenzfälle der Elektronenverteilung; dazwischen liegt die Vielzahl der Verbindungen mit partieller Teilhabe am Bindungselektronenpaar; unsere Klassifikationsschemas bedürfen weiterer Differenzierung, und so fort. Diesen Vorgang der Präzisierung alter und Ausgliederung neuer Schemas nennt Piaget „Akkommodation“; es handelt sich um einen Angleichungsprozeß des Individuums an die Umwelt. Für Piaget ist also kognitives Lernen eine entwickelte Form der Äquilibration. Subjekt und Objekt dieser Äquilibration sind kognitive Schemas: Subjekt sind sie bei der klassifizierenden Assimilation, Objekt sind sie bei dem Geändertwerden durch Akkommodation.

3. Oft übersehen: die Rolle sozialer Faktoren im Lernprozeß

Auch wenn man den schmalen Ausschnitt konstruierenden Lernens, der geschildert wurde, dieses Wechselspiel von Assimilation und Akkommodation, als einleuchtend und repräsentativ ansieht, so drängen sich doch eine Reihe von Fragen auf: Inwieweit trifft diese Beschreibung auf den Lernprozeß in der Schule zu? Beschränkt sie sich nicht weitgehend auf isoliert lernende Individuen? Welche Rolle spielt die Klassengemeinschaft, und welche Rolle spielt – vor allem – der Lehrer oder die Lehrerin? (Bisher wurde nur gesagt, welche Rolle die Lehrperson nicht spielt.) Weiterhin: Ist nicht das Lernen von Naturwissenschaft auch eine Übernahme gesellschaftlich gesammelten Wissens? Was soll dann das Insistieren auf der je individuellen Konstruktion der Lernenden? Soll jeder von ihnen die Wissenschaft erneut schaffen?

Von manchen überspitzt formulierenden Anhängern des Konstruktivismus fühlt man sich in der Tat zu wichtigen Klarstellungen gedrängt. So trifft es sicher nicht zu, wie z.B.

Dykstra (1992, 45) behauptet, daß in einem konstruktivistisch geprägten Unterricht delivery (also die Weitergabe gesellschaftlich gesammelten Wissens) keine Rolle spiele, und daß die Tätigkeit des Lehrers sich darauf beschränke, für eine Reihe von Erfahrungen (set of experiences) Sorge zu tragen, damit die eigenständige konstruktive Tätigkeit der Lernenden eine geeignete Basis habe. Wenn wir unsere Wissenschaft, die Chemie, mit Robert Boyle beginnen lassen, so ist sie jetzt etwa 250 Jahre alt. In den ersten 150 Jahren waren unsere wissenschaftlichen Vorgänger sehr darum bemüht, eine zusammenhängende Theorie zu schaffen, die viele Phänomene aus wenigen allgemeinen Prinzipien verständlich macht. Es war ein mühsamer, von vielen Irrwegen und Enttäuschungen gekennzeichneter Prozeß. Viele hervorragende Köpfe waren an ihm beteiligt, ich nenne nur Lavoisier, Dalton, Berzelius, Cannizzaro, Mendelejew und Lewis. Es ist eine eher absurde Vorstellung, daß die Schülerinnen und Schüler in unseren Klassen diese Theorie in zweimal 45 Minuten pro Woche ohne Hilfe ebenfalls konstruieren könnten.

Im Chemieunterricht findet ohne Zweifel auch eine Weitergabe gesellschaftlich präsenten Wissens statt. Aber chemisches Wissen kann man nicht vererben wie eine Million Dollar. Die Lernenden müssen es in der Tat für sich rekonstruieren. Dieses Zusammenwirken von Übernahme und Eigenaktivität bringt Goethe überzeugend zum Ausdruck wenn er sagt

„Was Du ererbt von Deinen Vätern hast, erwirb es, um es zu besitzen“.

Der Lehrer oder die Lehrerin trägt die Verantwortung dafür, daß diese rekonstruierende Übernahme zustandekommt. Es wird sich um eine gelenkte Rekonstruktion handeln; ungelenkte Aktivitäten der Lernenden teilen sich vielfach auf, enden ohne Erfolgserlebnis im Ungewissen und wirken frustrierend. Aber alles kommt darauf an, wie die Lenkung durch den Lehrer aussieht. Er soll keine „autoritätsgläubigen Mitläufer“ (Kubli, 1983) heranziehen, sondern die rekonstruierende Aktivität so groß halten, daß die Lernenden Ein-

sicht in die Gründe gewinnen, die unsere Vorläufer und Mitmenschen zur Entwicklung und Annahme dieser Chemie bewogen. Übernehmen die Lernenden intersubjektives Wissen dank solcher Einsicht, so werden sie nicht unterdrückt, sondern können sich entfalten. Sie werden aufgenommen in die Gemeinschaft derer, die die Naturwissenschaftssprache sprechen, und sie erleben sich als sachverständige und konsensfähige Diskussionspartner.

„Die Übereinstimmung in Sachurteilen und die damit verbundene Bestätigung des eigenen Denkens ist eine der wertvollsten Erfahrungen, die Schule vermitteln kann ... Aus der zwischenmenschlichen Beziehung, auf dem Weg über die Anerkennung durch andere, gewinnt das Ich ... Selbstbewußtsein, kommt der Mensch zu sich selbst“ (Kubli, 1983, 162f).

4. Ein didaktisches Defizit und vier Ratschläge, ihm zu begegnen

Die Übertreibungen mancher Konstruktivisten sollten uns jedoch nicht dazu veranlassen, dem Konstruktivismus einfach den Rücken zuzukehren. Gewiß hat er seit seinem Aufstieg zum mainstream der Naturwissenschaftsdidaktik etwas Modisches an sich. Aber diese Feststellung ist ambivalent. Didaktische Moden haben darin Unrecht, daß sie uns die Heilung aller didaktischen Mängel versprechen, wenn wir uns an ihre Empfehlungen halten. Aber didaktische Moden können insoweit recht haben, als sie uns auf Defizite in unserem methodischen Handeln hinweisen. Und der Hinweis des Konstruktivismus lautet: Es gibt im naturwissenschaftlichen Unterricht ein Defizit an aktiv-rekonstruierendem Lernen!

Akzeptiert man diesen Hinweis und fragt danach, wie man diesem Defizit begegnen könne, so lassen sich aus den Publikationen der Konstruktivisten die folgenden methodischen Ratschläge entnehmen⁴:

1. Die von den Schülerinnen und Schülern in den Unterricht mitgebrachten Vorstellungen (Alltagsvorstellungen, lebensweltliche Vorstellungen, alternative Vorstellungen), die sich auf den jeweiligen Unterrichtsinhalt beziehen, müssen berücksichtigt werden.
2. Dem Übergang von lebensweltlichen zu wissenschaftlichen Konzepten ist große Sorgfalt zu widmen. Zur Förderung dieses Lernprozesses haben sich bewußt herbeigeführte „kognitive Konflikte“ und deren Lösung als wirksam erwiesen.
3. Der Lernprozeß hat nicht (nicht immer) das Ziel, die mitgebrachten Vorstellungen der Lernenden durch wissenschaftliche zu ersetzen. Oft ist es vorzuziehen, den alltagsweltlichen Vorstellungen einen (eingeschränkten) Geltungsbereich zu lassen.
4. Die Einordnung gleicher Phänomene in unterschiedliche Zusammenhänge und Redeweisen erfordert (einfache) metatheoretische Betrachtungen.

Der erste Ratschlag bezieht sich auf jeweils spezifische Vorstellungen. Was den Bereich des Chemieunterrichts angeht, scheint es angebracht, zuvor die notwendige Berücksichtigung von Schülervorstellungen überhaupt anzumahnen. Wenn ich richtig sehe, halten unsere Chemielehrerinnen und -lehrer die im Unterricht erlebten Phänomene für so neu, daß man die Lernenden diesbezüglich als tabula rasa ansehen könne. Das trifft aber nicht zu. Das lebensweltliche Wissen der Schülerinnen und Schüler umfaßt eine Reihe chemischer und physikalisch-chemischer Erscheinungen und deren Deutung mit Hilfe einleuchtender Vorstellungen. Die Kraft solcher in den Unterricht mitgebrachter Vorstellungen, die die Interpretation leiten und sogar die Wahrnehmung beeinflussen, sei an einem Beispiel vorgestellt. Es ist den Arbeiten von Helga Pfundt entnommen, die bei der Erforschung der für den Chemieunterricht relevanten lebensweltlichen Vorstellungen Pionierarbeit leistete.

⁴ Diese methodischen Ratschläge ergeben sich vor allem aus Bodner (1986), Glynn, Yeany und Britton (1991), Duit (1993) und Glynn und Duit (1995).

Frau Pfundt zeigte Kindern experimentell die Zersetzung des Vitriols (eines blauen kristallinen Stoffes) in der Hitze. Chemisch gesehen entstehen dabei zwei Stoffe: Kupfersulfat und Wasser; Vitriol hört auf zu existieren. Das Wasser entweicht in der Hitze. Gibt man dem erkalteten Kupfersulfat Wasser zu, so bildet sich Vitriol zurück.

Zu beobachten ist folgendes: Aus den glitzernden blauen Kriställchen entsteht ein glanzloser, weißer Stoff. Erhitzt man im Porzellantiegel, so ist das entweichende Wasser nicht zu sehen; erhitzt man im Reagenzglas, so schlagen sich (große) Wassertropfen im oberen Viertel des Glases an dessen Wand nieder. Beim Zutropfen von Wasser zum erkalteten Rückstand wird dieser wieder blau.

Julia (12 Jahre alt) sprach den zurückbleibenden weißen Feststoff entschlossen als Asche an; er sei weiß und krümelig wie diese. Der Vitriol sei ohne Flamme verbrannt. Mehrfache Hinweise des Interviewers auf die großen Wassertropfen am Reagenzglasrand konnten sie nicht irre machen: Der Vitriol sei eben ein bißchen feucht gewesen. Julia hielt es für abwegig, daß sich bei der Zugabe von Wasser der Vitriol zurückbilden könne: „Wenn man auf Holzasche Wasser kippt, entsteht doch auch nicht wieder Holz“. Als sie dann – vom Interviewer aufgefordert – tatsächlich Wasser zutropfte, konstatierte sie, daß zwar etwas Blaues entstand; aber es war wohl doch ein helleres Blau als das ursprüngliche, und die Form des Vitriols stellte sich auch nicht wieder her. Julia betonte die Unterschiede zwischen Ausgangs- und Endzustand.

Im Gegensatz dazu bezeichnete Stefanie (gut 11 Jahre alt) den beim Erhitzen entstehenden Feststoff sofort als „getrockneten Vitriol“, obwohl sie das Erhitzen im Porzellantiegel durchführte und daher das entweichende Wasser nicht feststellen konnte. Sie nannte die entstehende Masse auch nicht weiß, sondern „ganz hellblau“. Sie zweifelte nicht daran, daß bei der Zugabe von Wasser wieder das ursprüngliche Blau auftreten werde: Es sei etwas Ähnliches geschehen wie beim Trockenwerden von Erde. Dabei werde die Erde auch hell und bei Zugabe von Wasser wieder dunkel. Stefanie stellte mit Zufriedenheit fest, daß die Zugabe von

Wasser zum ursprünglichen Aussehen des Vitriols zurückführte. Sie betonte das Gemeinsame zwischen Ausgangs- und Endzustand (Pfundt, 1982a, 161f).

Die Neuheit der Phänomene hinderte die Befragten also keineswegs daran, sie in vorhandene, geeignet erscheinende Schemas einzuordnen. Dasselbe geschieht mit den Erfahrungen, die wir den Lernenden im Chemieunterricht vermitteln. Und weil lebensweltliche Schemas auf vielfacher „sedimentierter Erfahrung“ (Schütz & Luckmann, 1975, 80f, 165f) beruhen, werden Deutungen, die von diesen Schemas abweichen, von den Lernenden nicht ohne weiteres akzeptiert. Die ganztägige Lebenswelt setzt sich gegenüber den zweimal 45 Minuten Chemieunterricht pro Woche immer wieder durch. Dem Unterricht bleibt nur der Weg, das Verhältnis der lebensweltlichen Vorstellungen zu den Vorstellungen der Wissenschaft von sich aus zu thematisieren und die überlegene Fruchtbarkeit wissenschaftlicher Konzepte für einen ständig wachsenden Erfahrungsbereich einsichtig zu machen. Die Konstruktivisten haben recht, wenn sie das bekannte Wort Ausubels

„Wenn wir die ganze Psychologie des Unterrichts auf ein einziges Prinzip reduzieren müßten, würden wir dies sagen: Der wichtigste Faktor, der das Lernen beeinflußt, ist das, was der Lernende bereits weiß. Dies ermitteln Sie, und danach unterrichten Sie Ihren Schüler“ (Ausubel, Novak & Hanesian, 1980, 5)

auch auf die mitgebrachten Vorstellungen der Schüler beziehen. Auch diese, vor allem diese, gehören zu dem „was der Lernende bereits weiß“. Von Piaget her kommend, finden wir die Ausubelsche Aufforderung besonders einleuchtend: Wenn jeder Lernfortschritt darin besteht, daß neue Erfahrungen zunächst in vorhandene Schemas eingeordnet werden, bis ihr abweichender Charakter zur konstruktiven Akkommodation zwingt (und so fort), so sind die vorhandenen Schemas, welcher Art auch immer, der einzig gegebene Anknüpfungspunkt. Nur von ihm kann die Konstruktion

neuer Systeme von Schemas ausgehen, wenn sie sich auch weit von ihm entfernen mag.

5. Von lebensweltlichen Vorstellungen zu wissenschaftlichen: der kognitive Konflikt

Angesichts der Wichtigkeit der von den Schülerinnen und Schülern mitgebrachten Vorstellungen hat man sich intensiv darum bemüht, sie zu erforschen; die vierte Auflage einer entsprechenden Bibliographie zählt 1073 relevante Publikationen zu physikalischen Sachgebieten auf, 330 zu biologischen und 220 zu chemischen (Pfundt & Duit, 1994). Sichtet man diese Arbeiten, so schälen sich im Hinblick auf den einführenden Chemieunterricht vor allem vier lebensweltliche Vorstellungen heraus, die einleuchtend und weit verbreitet sind:

(1) Wird im Unterricht zum Beispiel Kupfer mit dem Bunsenbrenner an der Luft erhitzt, so bildet sich ein dünner schwarzer Belag. „Das Kupfer ist schwarz geworden“, sagen die Lernenden. Chemisch gesehen ist das falsch. Stoffe haben konstante Eigenschaften und werden an ihnen erkannt. Tritt eine Eigenschaftsänderung auf – hier eine Farbänderung – so ist sie ein Indiz für einen neu entstandenen Stoff; in diesem Fall ist schwarzes Kupferoxid entstanden. Aber der Alltagsverstand denkt hier wie die alte Naturphilosophie: Substanzen sind Träger von Eigenschaften; diese Eigenschaften können sich ändern, ohne daß die Substanz sich wesentlich ändert. Ein Holzkästchen, das man gebastelt hat, kann man rot anstreichen, weil es dann schöner ist: Es bleibt das Holzkästchen (vgl. Weninger, 1972; Pfundt, 1982; de Vos & Verdonk, 1985; de Vos & Verdonk, 1987).

(2) Eine weitere oft genutzte Möglichkeit, der Annahme von Stoffänderungen aus dem Wege zu gehen, besteht darin, Phänomene bei chemischen Reaktionen als Ergebnisse von Mischungen und Entmischungen der Stoffe zu deuten.

Diese Vorstellung wird vor allem dann herangezogen, wenn aus einer irgendwie behandel-

ten Stoffprobe etwas entweicht (vgl. Pfundt, 1982a; Andersson, 1986; Andersson, 1990, 552f).

(3) Es gibt allerdings eine Art von Reaktionen, bei denen Stoffe auch nach Meinung der Schülerinnen und Schüler wirklich verändert werden: Das sind Verbrennungen. Bei ihnen wird der brennende Stoff unwiederbringlich zerstört. Diese Auffassung von Veränderung ist aber nicht die der Chemie (vgl. Pfundt, 1975; Pfundt, 1982b; Driver, 1985).

(4.1) Was die Struktur von Stoffen angeht, so hält ein großer Teil der Schülerinnen und Schüler Feststoffe und Flüssigkeiten für zusammenhängende Kontinua. Die Verdunstung von Flüssigkeiten und die Auflösung von Salzen in Wasser widerspricht dem nicht: Bei diesen Vorgängen entstehen Teilchen, die aber nicht vorgebildet waren. Beim Kondensieren und Kristallisieren entstehen folglich wieder fugenlose Kontinua. Soweit ein Aufbau aus Teilchen akzeptiert wird, sehen die Lernenden die Teilchen gasiger Stoffe in Luft eingebettet (vgl. Pfundt, 1982b; Nussbaum, 1985).

(4.2) Die Auffassung der Schüler, daß Stoffe Kontinua darstellen, die an beliebigen Stellen teilbar sind, geht mit der Überzeugung einher, daß die Teilchen eines Stoffes die gleichen Eigenschaften haben wie sichtbare Portionen dieses Stoffes. Die kleinsten Teilchen von Kupfer sind also rot, die von Schwefel gelb usw. (vgl. Pfundt, 1982b; Driver, 1985; de Vos & Verdonk, 1987; Ben-Zwi, Silberstein & Mamlok, 1990).

Diese lebensweltlichen Vorstellungen werden als sehr verlässlich empfunden, was zum Teil auf eigene Erlebnisse zurückgeht, zum Teil auf die Gewißheit, daß alle so denken. Sie stehen elementaren Konzepten unserer Wissenschaft deutlich entgegen. Dennoch dürfen wir ihnen nicht einmal von Herzen gram sein, weil sie nicht nur Hindernisse beim Lernen von Chemie darstellen, sondern – wie ausgeführt – auch Anknüpfungspunkte dafür sind.

Wie soll nun der konstruierend-lernende Übergang von lebensweltlichen Konzepten zu den Konzepten der Wissenschaft erfolgen?

Für diesen „conceptual change“ wird ein Vorgehen empfohlen, das vier Bedingungen genügen muß:

1. Es muß Unzufriedenheit mit den existierenden Konzepten herrschen (oder herbeigeführt werden).
2. Eine neue, einsichtige (intelligible) Konzeption muß ins Spiel kommen.
3. Diese Konzeption muß von Anfang an (initially) als plausibel erscheinen.
4. Die neue Konzeption muß sich als fruchtbar erweisen (vgl. Strike & Posner, 1985).

Nimmt man die Realisierung entsprechender Lehr-Lern-Prozesse in den Blick, so stößt man auf den learning cycle, den Lernzyklus, den eine Reihe von Kollegen schon in den siebziger Jahren als Konsequenz der Piagetschen Theorie⁵ entwickelte. Er umfaßt drei Schritte:

1. die Exploration,
2. die Konzept-Einführung,
3. die Konzept-Anwendung.

Während der Exploration machen die Lernenden Erfahrungen, die sie in ein deutliches kognitives Ungleichgewicht führen, am besten durch eigenes experimentelles Tun (hands-on-experience). Dies genügt der ersten Bedingung des oben genannten Modells.

Die Konzept-Einführung beginnt mit der Thematisierung des Ungleichgewichts. Der Lehrer oder die Lehrerin wird alles tun, damit die Lernenden selbst ein neues Denkmuster vorschlagen, das den neuen Erfahrungen gerecht wird und den Geltungsbereich älterer Vorstellungen einschränkt. Minds-on-Aktivität kommt zum Zuge. Bleibt der Enderfolg aus, so muß der Lehrer das neue Konzept selbst einführen, aber so, daß die Lernenden die Behebung des Widerspruchs mitvollziehen und als solche erkennen. Das erfüllt die zweite und dritte Bedingung des Konzeptwechsel-Modells.

Das neu eingeführte Konzept bedarf dringend weiterer Legitimation; erst sie vollendet die Wiederherstellung des kognitiven Gleichgewichts. Diesem Ziel dient die Konzept-

Anwendung. Die Lernenden werden mit Sachverhalten konfrontiert, bei denen das akkommodierte Konzept sich als fruchtbar erweist; es macht Zusammenhänge, die bisher nicht erklärt werden konnten, aus Ursachen verständlich. Das genügt der vierten Bedingung des Konzeptwechsel-Modells.

Der Lernzyklus führt also planmäßig einen „kognitiven Konflikt“ herbei. Dieser wird dann durch gemeinsames Finden eines neuen Konzepts (akkommodierend) gelöst. Solche kognitiven Konflikte scheinen das beste Mittel zu sein, einen Konzeptwechsel zu bewirken. Guzetti und Glass haben siebzig empirische Studien, die den Konzeptwechsel zum Gegenstand haben, einer Meta-Analyse unterzogen. Dabei wurden nur Studien berücksichtigt, die mit einer Versuchs- und Kontrollgruppe arbeiteten. Guzetti und Glass kommen zu dem Schluß: „Die Art der Strategie ... scheint irrelevant zu sein, wenn nur die Natur der Strategie einen kognitiven Konflikt einschließt ... Die Art von Lehrstrategien ... die Unzufriedenheit mit landläufigen Konzepten hervorruft und das wissenschaftliche Konzept als verständlich, plausibel und anwendbar herausstellte, war wirksam“ (Guzetti & Glass, 1992, 42).

An weiteren Hinweisen für die Gestaltung des kognitiven Konflikts werden uns folgende gegeben:

– Die experimentellen Befunde, die zum kognitiven Konflikt führen sollen, müssen deutlich sein. Wir haben schon ein Beispiel vom Gegenteil kennengelernt: Die Befunde beim Erhitzen von Vitriol und anschließender Wasserzugabe sind undeutlich genug, um theoriebestimmte Beobachtung und Interpretation zuzulassen. Stoßende empirische Befunde treten dann gar nicht auf; sie werden weginterpretiert. Bei starken und eindeutigen sinnlichen Eindrücken ist das nicht der Fall; solche brauchen wir zur Schaffung eines kognitiven Konflikts.

– Auf die anschließende Erörterung ist viel Sorgfalt zu verwenden. Es gilt nicht nur, die

⁵ Dieser 'Lernzyklus' wird in Gräber und Stork (1984) ausführlich vorgestellt und an einem Beispiel verdeutlicht; relevante Literatur wird benannt.

Akkommodation anzuregen, sondern es muß gleichzeitig das sprachliche Ausdrucksvermögen der Lernenden gefördert werden. Dies nicht nur darum, weil man Zusammenhänge, die man nicht sprachlich zum Ausdruck bringen kann, auch nicht verstanden hat (diese Frage will ich nicht ansprechen; es wäre ein eigener Vortrag), sondern weil die von den Lernenden jetzt, im zweiten Schritt des Lernzyklus erwartete, konstruktiv-akkommodierende Aktivität ihren Ausdruck darin finden muß, daß die Lernenden eine weiterführende Idee sprachlich zum Ausdruck bringen. Je weniger die Schüler über die Unterrichtsinhalte sprechen können, umso stärker wird die mitteilende Rolle der Lehrperson.⁶

– Ein sozialer Faktor tritt hinzu. Die Interaktion beim Lernen in der Klassengemeinschaft hat eine kognitive und eine affektive Komponente. Sie nötigt das Individuum dazu, seine Ideen möglichst klar und eindeutig zu formulieren, um sie zur Geltung zu bringen; das ist die kognitive Komponente. Aber mit diesen Ideen löst sich das Individuum von den bewährten Konzepten der Lebenswelt, die ja auch sozial fundiert sind. Daher wirkt es sich als affektive Stütze aus, wenn die Diskussion in der Klasse zeigt, daß viele aus der lernenden Gemeinschaft sich in die gleiche Richtung bewegen, bis hin zur gegenseitigen Anerkennung als sachverständige Diskussionspartner.⁷

Die Berechtigung des dritten Ratschlags, der von vielen Lehrenden eher mit Skepsis vernommen wird, läßt sich am besten an einem Beispiel von Jung et al. aufzeigen; es ist allerdings dem Physikunterricht entnommen (Jung, Wiesner & Engelhardt, 1981). Ein fahrendes Auto stößt gegen einen parkenden Möbelwagen. Physikalisch gesehen, gilt das Prinzip *actio gleich reactio*; beide Stoßpartner üben Kräfte aufeinander aus, sind in prinzipiell gleicher Weise wirksam. Der Alltagsverstand sieht das ganz anders: Nur das Auto ist aktiv; es wirkt zerstörerisch auf den Möbelwa-

gen ein, der ja lediglich dort steht. Aus diesem Grunde muß der Fahrer des Autos für den Schaden auch am Möbelwagen aufkommen, und die Polizei oder gar das Gericht wird nur ihn bestrafen, nicht den Fahrer des Möbelwagens. Den muß man im Gegenteil bedauern, wegen des Schrecks, den er bekommt, und der Scherereien, die er hat. Der Sinn dieser Betrachtungsweise ist nicht zu bestreiten, und so wird verständlich, wenn ein konstruktivistisch argumentierender Autor schreibt: Lernen durch Konzeptwechsel bedeute kein Zurechtrücken der Möbel im Zimmer der Lebenswelt, sondern man betrete ein neues Zimmer (vgl. Grandy, 1990). Es wird nicht deutlich, ob dies kritisch gemeint ist oder (gutheißend) festgestellt oder gar empfohlen wird. Einer solchen Empfehlung könnte der Chemieunterricht nicht folgen; dies zeigt ein Blick auf die oben benannten Schülervorstellungen. Sie stehen auch einer hilfreichen Erörterung vieler lebensweltlicher Probleme im Wege.

Im Hinblick auf die zweite dieser Vorstellungen (über die Verbrennung als irreversible Zerstörung von Substanzen) schildert Frau Pfundt die explorative Herbeiführung eines kognitiven Konflikts:

Im Schülerversuch läßt sich aus weißem „Zinkerz“ (dem Oxid) Zink gewinnen. Beim Verbrennen von Zink entsteht ein weißes Produkt. Als die Lehrerin unter Hinweis auf das gleiche Aussehen von Erz und Verbrennungsprodukt vorschlug, zu versuchen, aus dem Verbrennungsprodukt wiederum Zink zu gewinnen, reagierten die Schüler mit ungläubigem Erstaunen: Das Zink sei doch verbrannt. „Widerstrebend und fasziniert zugleich“ beobachteten die Schüler, wie sich aus dem Verbrennungsprodukt des Zinks das Zink zurückbildete. Dieser Versuch hatte sie wirklich getroffen, bis hin zu der (scheinbar paradoxen) Äußerung einer Schülerin: „Zink kann beim Verbrennen gar nicht verbrannt sein. Es muß irgendwie erhalten geblieben sein“ (Pfundt, 1982a).

Der zum Konflikt führende Befund soll zeigen, daß Metalle bei chemischen Reaktionen

⁶ Zur Wichtigkeit der Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht, bis hin zur Abfassung schriftlicher Texte, siehe Stork (1993) und Glynn und Muth (im Druck).

⁷ Siehe dazu das obige Zitat von Kubli (1983), s. auch Solomon (1987, 1994).

nicht unwiederbringlich zerstört werden (obwohl sie im Reaktionsprodukt nicht auffindbar sind!), und daß dies auch für Reaktionen unter Flammenerscheinung gilt. Diese Erkenntnis ist für beide Zimmer wichtig.

Ergänzend sei bemerkt, daß man den Wirkungsbereich des Pfundtschen Beispiels nicht überschätzen darf. Es geht nicht um den Übergang eines Stoffes ins Nichts; das Verbrennungsprodukt des Zinks liegt ja deutlich erkennbar vor. Anders ist es bei dem „Verschwinden“ einer brennenden Kerze oder der rückstandslosen Verbrennung einer Flüssigkeit; hier sind andere konfliktzeugende Versuche angebracht. Es gibt aber deutliche Anzeichen dafür, daß z.B. die Diskussion um den Katalysator im Auto diesen Versuchen inzwischen zuvorkommt.

6. Vom bleibenden Recht lebensweltlicher Redeweisen

Dennoch ist die Metapher von den „zwei Zimmern“ nicht gänzlich falsch. Wenn man eines Morgens von einem Nachbarn angesprochen wird, der sagt: „Ich habe mir doch eine so schöne Dachrinne aus rotem Kupfer montieren lassen; nun hat sich das Kupfer in den letzten Wochen schwarz gefärbt“ – dann wird man nicht den Finger heben und sagen: „O nein, nicht das Kupfer hat sich schwarz gefärbt, vielmehr ist ...“ und so fort. Man wird sagen: „Ja, ich sah es schon; es ist wirklich schade; die Kupferfarbe bildete einen schönen Kontrast zu Ihren dunklen Klinkern“.

Oder wenn in einem Buch von einer langen nächtlichen Diskussion zwischen zwei Freunden am Kamin berichtet wird, von denen einer eine schwierige Entscheidung zu fällen hat, und der Schriftsteller Länge und Atmosphäre dieser Diskussion mit den Worten schildert: „Das große Holzschicht war zu einem Häuflein Asche verbrannt“, so wird auch der chemisch Informierte diesen Satz einfühlsam gelten lassen, obwohl er weiß, daß die Asche das unbedeutendste Produkt dieser Verbrennung ist. Lebensweltliche Primärerfahrungen und Aussagen über sie behalten

ihren Sinn neben und vor wissenschaftlichen Systemen.

Dies zu betonen, ist das Anliegen des vierten Ratschlags. Die vorliegenden Publikationen sagen wenig darüber aus, wie weit man bei dieser Metatheorie inhaltlich gehen solle und welche Methodik empfehlenswert sei. Deutlich wird, daß einer Abwertung der lebensweltlichen Sprache gewehrt werden soll, und daß die Aussagen der Wissenschaft ihr gegenüber als theoretisch verknüpft und systematisch empirisch gestützt herausgestellt werden sollen.

Dabei soll die Überlegung, wie Wissenschaft überhaupt zustande kommt, auch auf den Lernprozeß der Schülerinnen und Schüler angewandt werden: wie erarbeiten sie sich wissenschaftliche Kenntnisse und Einsichten? (Driver & Oldham, 1986; Edmondson & Novak, 1993; Gunstone, 1994) Die Nutzung der reichen philosophischen und pädagogischen Literatur zum Verhältnis von Lebenswelt und Wissenschaft, die von Husserl über Schütz bis Lippitz und Loch reicht, hat erst begonnen.

7. Lernen via Computer: von der aktiven Rezeption dargebotener Inhalte

Die moderne Informationstechnologie bietet unterschiedliche Möglichkeiten der Computernutzung für Lernprozesse an. Zu diesen gehören sogenannte Dialogmedien, die in der amerikanischen Hochschuldidaktik schon seit Jahren eine wichtige Rolle spielen. Ganze Kurse, etwa in Anatomie und Physiologie, können Studierende im Dialog mit dem Computer absolvieren.

Wichtig ist in unserem Zusammenhang, daß ihnen die Lerngehalte in Wort und Bild dargeboten werden. Zweifellos wird hier expositorisch, darbietend gelehrt; der Lernende hat zwar die Möglichkeit, nachzufragen, die Darbietung seinen Bedürfnissen anzupassen, aber es bleibt bei der Darbietung.

Kann man nach konstruktivistischer Auffassung überhaupt so lernen? Spätestens bei dieser Frage kommt uns das bekannte Schema Ausubels in den Sinn: Er setzt rezeptives Ler-

Lernen	sinnfrei	sinnvoll
rezeptiv	Mechanisches Auswendiglernen	Sprachlich vermittelte Information wird vom Lernenden verstanden, d.h. er kann sie in seine kognitiven Strukturen integrieren.
entdeckend	Eine durch Versuch- und Irrtum-Verhalten gefundene Aufgabenlösung wird nicht verstanden, d.h. sie kann nicht in die kognitive Struktur integriert werden.	Der Lernende löst ein Problem selbstständig und versteht Methode und Lösung, d.h. er kann sie in seine Struktur integrieren.

Bild 2: Unterscheidung der Gegensatzpaare "sinnfreies Lernen – sinnvolles Lernen" und "rezeptives Lernen – entdeckendes Lernen"

nen keineswegs mit „sinnfrei“ und entdeckendes Lernen keineswegs mit „sinnvoll“ gleich. Es gibt vielmehr sinnvolles rezeptives Lernen, dann nämlich, wenn sprachlich und bildlich vermittelte Information vom Lernenden verstanden wird und er sie in seine kognitiven Strukturen integrieren kann. Und es gibt sinnfreies entdeckendes Lernen, dann nämlich, wenn ein durch trial and error-Verhalten gefundenes Ergebnis nicht verstanden wird und nicht in die kognitive Struktur integriert werden kann (vgl. Ausubel, Novak & Hanesian, 1980, 47-52). Bild 2 verdeutlicht diese Zusammenhänge (vgl. Weinert, 1976, 51).

Ausubel führt dazu aus, daß aktives Lernen dann in mechanisches Auswendiglernen übergehe, wenn der Lernende „nicht willens ist, die erforderliche Aktivität einzusetzen, wenn er sich nicht mit dem Lerninhalt auseinandersetzt (mit ihm kämpft, to struggle, H.S.), indem er ihn aus verschiedenen Blickwinkeln sieht, ihn mit zugehörigem und widersprechendem Wissen versöhnt und ihn in seinen eigenen Bezugsrahmen überträgt“ (Ausubel, 1963, 21).

Das also sind die konstruktiven Aktivitäten beim Lernen anhand von sprachlicher und bildlicher Darbietung. Wir sollten nicht so sehr auf hands-on experience fixiert sein, daß

wir von der Fähigkeit, aus Texten und Bildern zu lernen, keinen Gebrauch machen, sie also auch nicht schulen. Zunächst einmal brauchen wir auch diese Fähigkeit im naturwissenschaftlichen Unterricht, nicht nur, aber auch beim Lernen mit Hilfe des Computers. Darüber hinaus ist diese Fähigkeit ein wesentlicher Teil der Scientific Literacy.

Diese Beherrschung des naturwissenschaftlichen Alphabets ist es doch, die die schulentlassenen jungen Erwachsenen in den Stand setzt, neue naturwissenschaftliche Informationen verbaler oder bildlicher Art (aus Zeitungen, Rundfunk, Fernsehen, Podiumsdiskussionen) aufzunehmen und deren Bedeutung für bestimmte technische Vorhaben einzuschätzen. Wir sollten also den Konstruktivismus nicht so eng interpretieren, daß er Lernen anhand von Darbietung ausschließt; wir sollten vielmehr darauf achten, daß auch bei dieser Art des Lernens die konstruktivistischen Lehren beachtet werden. Was die Sekundarstufe I angeht, so sollten wir uns allerdings stets die Mahnung Gagnés vor Augen halten, der schreibt, die Lernenden müßten den Begriff „in bezug auf eine Klasse konkreter Situationen“ kennenlernen. „Hier liegt ... die fundamentale Begründung für die praktische Labortätigkeit im naturwissenschaftlichen Unterricht ... Um passende Werkzeuge für das Nachdenken über und die Auseinandersetzung mit der realen Welt abzugeben, müssen Begriffe auf aktuelle Reizsituationen rückführbar sein. Diese liefern ihnen eine 'operationale' Bedeutung, die auf keine andere Weise zu gewinnen ist“ (Gagné, 1975, 143).

Literatur

- Andersson, B. (1986). Pupils' explanations of some aspects of chemical reactions. *Science Education* 70, 549-563.
- Andersson, B. (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12-16). *Studies in Science Education* 18, 53-85.
- Ausubel, D.P. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. New York: Grune and Stratton.

- Ausubel, D. P., Novak, J. D. & Hanesian, H. (1980). *Psychologie des Unterrichts*, Bd. 1. (2. deutsche Auflage). Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- Ben-Zwi, R., Silberstein, J. & Mamlok, R. (1990). Macro-micro relationships: a key to the world of chemistry. In P. L. Lijnse, P. Licht, W. de Vos & A. J. Waarlo (Eds.), *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles*. Utrecht: CD-β Press, 183-197.
- Bodner, G.M. (1986). Constructivism: a theory of knowledge. *Journal of Chemical Education* 63, 873-878.
- de Vos, W. & Verdonk, A.H. (1985). A new road to reactions, part 1. *Journal of Chemical Education* 62, 238-240.
- de Vos, W. & Verdonk, A.H. (1987). A new road to reactions, part 4. The substance and its molecules. *Journal of Chemical Education* 64, 692-694.
- Driver, R. & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education* 13, 105-122.
- Driver, R. (1985). Beyond appearances: the conservation of matter under physical and chemical transformations. In R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University Press, 145-169.
- Duit, R. (1993). Research on students' conceptions – developments and trends. Paper presented at the 'Third international seminar on misconceptions and educational strategies in science and mathematics'. Ithaca: Cornell University.
- Dykstra, D. (1992). Studying conceptual change: Constructing new understandings. In R. Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (Eds.), *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies*. Kiel: IPN, 40-48.
- Edmondson, K.M. & Novak, J.D. (1993). The interplay of scientific epistemological views, learning strategies, and attitudes of college students. *Journal of Research in Science Teaching* 30, 547-559.
- Gagné, (1975). *Die Bedingungen des menschlichen Lernens*. 4. Aufl. Hannover: Schroedel Verlag.
- Ginsburg, H. & Opper, S. (1975). *Piagets Theorie der geistigen Entwicklung*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Glynn, S. M. & Duit, R. (1995). Learning Science: constructing conceptual models. In S. M. Glynn & R. Duit (Eds.), *Learning science in the schools - research reforming practice*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum, im Druck.
- Glynn, S.M. & Muth, K.D. (im Druck). Reading and writing to learn science: Achieving scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*.
- Glynn, S.M., Yeany, R.H. & Britton, B.K. (1991). A constructive view of learning science. In S. M. Glynn, R. H. Yeany & B. K. Britton (Eds.), *The psychology of learning science*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum, 3-19.
- Gräber, W. & Stork, H. (1984). Die Entwicklungspsychologie Jean Piagets als Mahnerin und Helferin des Lehrers im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 37, 193-201, 257-269.
- Grandy, R.E. (1990). On the strategic use of history of science in education. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, Boston.
- Gunstone, R.F. (1994). The importance of specific science content in the enhancement of metacognition. In P. Fensham, R. Gunstone & R. White (Eds.), *The content of science*. London: The Falmer Press, 131-146.
- Guzetti, B.J. & Glass, G.V. (1992). Promoting conceptual change in science: A cooperative meta-analysis of instructional interventions from reading education and science education. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco.
- Jung, W., Wiesner, H. & Engelhardt, P. (1981). Vorstellungen von Schülern über Begriffe der Newtonschen Mechanik. *Bad Salzdetfurth: Didaktischer Dienst Franzbecker*, 72, 74-76, 97-104.
- Kant, I. (1783). *Prolegomena zu einer jeden künftigen Metaphysik die als Wissenschaft wird auftreten können*. Originalausgabe.
- Kant, I. (1787). *Kritik der reinen Vernunft*. Zweite Auflage (Erste Auflage 1781).
- Kant, I. (1798). *Anthropologie in pragmatischer Hinsicht*.
- Kubli, F. (1983). *Erkenntnis und Didaktik. Piaget und die Schule*. München: Ernst Reinhard.
- Nussbaum, J. (1985). The particulate nature of matter in the gaseous phase. In R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University Press, 124-144.
- Pfundt, H. & Duit, R. (1994) *Bibliographie Alltagsvorstellungen und naturwissenschaftlicher Unterricht*. 4. Aufl. Kiel: IPN.

- Pfundt, H. (1975). Ursprüngliche Erklärungen der Schüler für chemische Vorgänge. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 28, 157-162.
- Pfundt, H. (1982a). Vorunterrichtliche Vorstellungen von stofflicher Veränderung. *chimica didactica* 8, 161-180.
- Pfundt, H. (1982b). Ein Weg zur Atomhypothese. *chimica didactica* 8, 143-156.
- Pulaski, M.A. (1975). Piaget – Eine Einführung in sein Werk und seine Theorien. Frankfurt/Main: Fischer 1975.
- Schütz, A. & Luckmann, T. (1975). Strukturen der Lebenswelt. Neuwied und Darmstadt: Luchterhand.
- Solomon, J. (1987). Social influences on the construction of pupils' understanding of science. *Studies in Science Education* 14, 63-82.
- Solomon, J. (1994). The rise and fall of constructivism. *Studies in Science Education* 23, 1-19.
- Stork, H. (1993). Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht. In R. Duit & W. Gräber (Hrsg.), *Kognitive Entwicklung und Lernen der Naturwissenschaften*. Kiel: IPN, 63-85.
- Strike, K.A. & Posner, G.J. (1985). A conceptual change view of learning and understanding. In L. West & L. Pines (Eds.), *Cognitive structure and conceptual change*. Orlando: Academic Press, 211-231.
- v. Glasersfeld., E. (1987). Wissen, Sprache und Wirklichkeit. Braunschweig: Vieweg.
- v. Glasersfeld, E. (1992). A constructivist's view of learning and teaching. In R. Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (Eds.), *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies*. Kiel: IPN, 29-39.
- Weinert, F.E. (1976). Kognitives Lernen: Begriffsbildung und Problemlösen. In *Pädagogische Psychologie, Teil V: Lernen*. Weinheim und Basel: Beltz Verlag, 37-61.
- Weninger, J. (1972). Wozu sollen wir überhaupt Chemie lernen? *Naturwissenschaften im Unterricht* 20, 383-386.

Dr. Heinrich Stork ist Professor für Didaktik der Chemie und Direktor der Abteilung Chemiedidaktik am Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel.

Prof. Dr. Heinrich Stork
IPN
Olshausenstr. 62
24098 Kiel