

3.6 Anregungen für die Schulpraxis und zum Weiterstudium

Perspektive der Schülerinnen und Schüler

Die internationale Studie ROSE (The Relevance of Science Education) beschäftigte sich in den letzten Jahren mit den Interessen von Jugendlichen im Bereich Naturwissenschaften. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse der ROSE-Erhebung in Österreich und Deutschland wurde von Elster (2007a, abrufbar unter http://pluslucis.univie.ac.at/PlusLucis/073/s2_8.pdf; 2007b) verfasst. Eine breit angelegte Studie zum Interesse von Jugendlichen, speziell zu physikbezogenem Interesse, wurde in den 1990er-Jahren vom IPN in Kiel durchgeführt. Die Ergebnisse wurden z. B. von Hoffmann, Häußler & Lehrke (1998) und Sievers (1999) zusammengestellt. Interesse im Physikunterricht mit besonderem Blick auf die Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen (Kap. 13.4 und 13.5) wurden von Hoffmann, Häußler & Haft-Peters (1997) thematisiert. Für die Vorstellungen der Lernenden sei auf die Anregungen für die Schulpraxis in Kapitel 4 verwiesen.

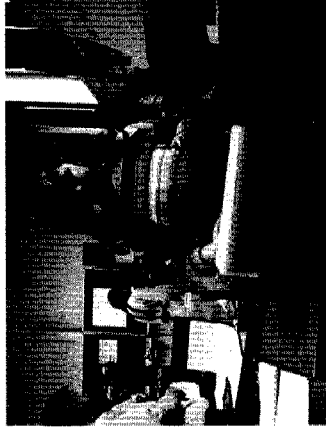
Didaktische Rekonstruktion konkret

- Jelemská, P. (2007). Wie kann man Kompetenzen im Bereich Ökologie erfassen? TIMSS-Aufgaben zur Ökologie in der Sicht von Ergebnissen der Didaktischen Rekonstruktion. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 53–70.
- Kattmann, U. (2005). Lernen mit anthropomorphen Vorstellungen? Ergebnisse von Untersuchungen zur Didaktischen Rekonstruktion in der Biologie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 11, 165–174.
- Stavrou, D., Komorek, M., & Duit, R. (2005). Didaktische Rekonstruktion des Zusammenspiels von Zufall und Gesetzmäßigkeit in der nichtlinearen Dynamik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 11, 147–164.
- Theysen, H. (2005). Didaktische Rekonstruktion eines Physikpraktikums für Medizinstudierende. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 11, 57–72.
- Baalmann, W., Ferichs, V., & Kattmann, U. (2005). Genetik im Kontext von Evolution. Oder: Warum die Gorillas schwarz wurden. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 58 (7), 420–427.
- Gropengießer, H. (2007). *Didaktische Rekonstruktion des Sehens. Wissenschaftliche Theorien und die Sicht der Schüler in der Perspektive der Vermittlung*. 3. Auflage. Oldenburg: Univ. Oldenburg, Didaktisches Zentrum (DiZ).

4 Lernen von Naturwissenschaft heisst: Konzepte verändern

Kornelia Möller

Was schwimmt – was sinkt?



Luft ist nicht nichts!



Viele Lernende danken, dass etwas Schweres, was zudem keine Luft in sich hat, untergehen muss. Der Wachsleitz löst Erstaunen und die Frage aus: Können auch andere Dinge ohne Luft schwimmen, auch wenn sie schwer sind?

Fragt man jüngere Lernende, was sich in einer leeren Flasche befindet, antworten viele Kinder: Nichts. Ein Luftballon müsste sich also mühselos aufblasen lassen in einer Flasche. Die Erfahrung, dass das nicht möglich ist, veranlasst zum Nachdenken: Was könnte dem Ballon das Ausbreiten verwehren?

Lernende sind keine «unbeschriebenen Blätter», wenn sie in den naturwissenschaftlichen Unterricht eintreten. Zu vielen Themen und Fragen bringen sie Vorwissen mit, das durch alltägliche Erfahrungen oder Informationen erworben wurde. Unterricht kann an dieses vorhandene Vorwissen anknüpfen – das Vorwissen kann aber auch den Lernprozess erschweren.

Aus konstruktivistischer Perspektive wird Lernen als Veränderung von bereits vorhandenen Vorstellungen und Begriffen angesehen. Wie naturwissenschaftlicher Unterricht eine Veränderung von Konzepten unterstützen kann, ist Gegenstand dieses Kapitels.

4.1 Lernen als kognitives Konstruieren

Wir sprechen häufig von «Wissen vermitteln» als Ziel des Unterrichts. Eine solche Sprechweise suggeriert, dass die Lehrperson Wissen an die Lernenden übergibt und anschließend die Lernenden im Besitz des vermittelten Wissens sind. Diesem auch als «transmissiv» bezeichneten Ansatz steht die sogenannte konstruktivistische Sichtweise gegenüber, die an kognitionspsychologische Theorien von Piaget und Aebli anknüpft. Danach muss Wissen im Kopf jedes Lernenden aktiv konstruiert werden. Für Unterricht folgt daraus: Auf die im Lernprozess erzeugten individuellen Bedeutungen und Interpretationen hat die Lehrperson keinen *direkten* Zugriff. Ein (verbreiteter) Fehlschluss wäre allerdings, hieraus abzuleiten, dass die Lehrperson überflüssig sei, lediglich eine beratende Funktion habe und Lernende im Lernprozess sich selbst überlassen werden sollten. Aufgabe der Lehrkraft ist es vielmehr, Lerngelegenheiten zu schaffen, die das individuelle Konstruieren von Wissen stimulieren und unterstützen.

In jüngerer Zeit wurde diese auch als kognitiv-konstruktivistisch bezeichnete Sichtweise unter Bezugnahme auf den russischen Psychologen Vygotsky zu einer sozio-konstruktivistischen Sichtweise erweitert: Wissen wird nicht im Individuum allein, sondern im Austausch mit anderen Personen und der Kultur erzeugt. Das Miteinander-Denken und -Argumentieren stimulieren den Aufbau von Wissen – kooperatives Lernen ist deshalb eine Voraussetzung für dialogisches Konstruieren (Reusser, 2001; Kap. 15). Die Lehrkraft hat die Aufgabe, die Studierenden in diesem Prozess zu unterstützen.

Im naturwissenschaftlichen Unterricht kommen das eigenständige Nachdenken und Austauschen von Ideen und Argumentationen oft zu kurz. Videoanalysen zeigen, dass ein Unterricht, der die Lernenden eigene Lernwege gehen lässt, nur selten in der Praxis anzutreffen ist. Stattdessen überwiegt ein auf die Vermittlung von Erklärungen und Zusammenhängen ausgerichteter transmissiver Unterrichtsstil. Entsprechend bleibt ein großer Teil des in der Schule erworbenen naturwissenschaftlichen Wissens «träge» – dieses Wissen ist nicht verstanden, d. h. nicht nachkonstruierbar und nicht transferierbar. Belegt wurde diese Schwäche des naturwissenschaftlichen Unterrichts auch durch das nur mittelmäßige Abschneiden von Deutschland und der Schweiz in internationalen Leistungsvergleichsstudien.

Riesenschlange oder Hut

(aus: Saint-Exupéry «Der kleine Prinz»)

«Als ich sechs Jahre alt war, sah ich einmal in einem Buch über den Urwald, das *«Erlebte Geschichten»* hieß, ein prächtiges Bild. Es stellte eine Riesenschlange dar, wie sie ein Wildtier verschlingt. In dem Buch hieß es: *«Die Boas verschlingen ihre Beute als Ganzes, ohne sie zu zerbeißen. Daraufhin können sie sich nicht mehr rühren und schlafen sechs Monate, um zu verdauen.»* Ich habe damals viel über die Abenteuer des Dschungels nachgedacht, und ich vollendete mit einem Farbstift meine erste Zeichnung. Meine Zeichnung Nr. 1....



Zeichnung Nr. 1

Ich habe den großen Leuten mein Meisterwerk gezeigt und sie gefragt, ob ihnen meine Zeichnung nicht Angst mache. Sie haben mir geantwortet:



Zeichnung Nr. 2

Die großen Leute haben mir geraten, mit den Zeichnungen von offenen und geschlossenen Riesenschlangen aufzuführen.... Der Misserfolg meiner Zeichnungen Nr. 1 und Nr. 2 hatte mir den Mut genommen. Die großen Leute verstehen nie etwas von selbst, und für die Kinder ist es zu anstrengend, ihnen immer und immer wieder erklären zu müssen.»

(Zeichnungen aus: Antoine de Saint Exupéry: Le Petit Prince, © Éditions Gallimard)

Eine Deutung aus konstruktivistischer Perspektive:

- Bedeutungen werden aktiv vom Deutenden, auf der Basis vorhandener Erfahrungen, konstruiert. Riesenschlange oder Hut – beide Deutungen erscheinen auf dem Hintergrund des jeweiligen Erfahrungshorizontes als sinnvoll.
- Lernende sehen die Welt mit ihren Augen, nicht mit unseren. Unser Wissen erschwert nicht selten das Verständnis für das, was in den Köpfen der Lernenden vor sich geht.
- Wenn wir unterrichten wollen, müssen wir das Vorwissen und die Sichtweisen der Lernenden erforschen – eine wichtige Voraussetzung, um individuelle Denke- wege und etwaige Lernschwierigkeiten zu verstehen.
- Lehrende sollten Lernenden nicht den Mut nehmen, sondern Mut machen, die Welt mit eigenen Augen zu sehen, zu deuten und zu begründen. Die Förderung der eigenen kognitiven Aktivität ist der Kerngedanke konstruktivistischer Sichtweisen zum Lernen.

4.2 Der Einfluss des Vorwissens

Wenn Schülerinnen und Schüler in den naturwissenschaftlichen Unterricht kommen, haben sie in der Regel bereits erste Vorstellungen und Begriffe zu den im Unterricht bearbeiteten Gegenständen erworben. Alltagserfahrungen, durch Sprechweisen übermittelte Deutungen oder durch Informationen bzw. Bilder etabliertes Wissen tragen zur Entwicklung solcher Präkonzepte bei. Diese Präkonzepte beeinflussen das schulische Lernen, da die Lernenden vorhandene Vorstellungen und Begriffe nutzen, um Phänomene zu deuten oder Fragen zu klären. Wenn die vorhandenen Vorstellungen nicht mit der naturwissenschaftlichen Sichtweise auf Phänomene übereinstimmen, vielleicht sogar eine nicht haltbare Sichtweise beinhalten, müssen Lernende ihre Vorstellungen erweitern, differenzieren oder korrigieren.

- Zu unterscheiden sind Präkonzepte in Form von *deep structures*, also tief verankerten stabilen Überzeugungen, und *current constructions*, die auch als Ad-hoc-Konstruktionen, spontane oder aktuelle Konstruktionen bezeichnet werden. Tief verwurzelte Konzepte haben für die Lernenden häufig eine hohe Glaubwürdigkeit – Veränderungen fallen entsprechend schwer.
- Der Überzeugungsgehalt von tief verwurzelten Konzepten kann so stark sein, dass er die Wahrnehmung bestimmt. Vorliegende Untersuchungen bestätigen, dass Schülerinnen und Schüler, z. B. bei Experimenten, das sehen, was sie sehen «wollen» (*«confirmation bias»*).
- Auch die Kontextabhängigkeit von Präkonzepten kann dazu führen, dass ein Experiment nicht in dem Zusammenhang gedeutet wird, wie die Lehrperson es vermutet oder beabsichtigt. So können von der Lehrperson eingesetzte Phänomene, Experimente oder Beispiele, die von den Kindern und Jugendlichen einem anderen Kontext zugeordnet werden, das Verstehen unter Umständen sogar behindern, statt es zu erleichtern.

Da Schülervorstellungen häufig sehr resistent gegen Veränderungen sind und von der physikalischen Sichtweise zudem häufig weit entfernt sind, können sie das (Um-)Lernen erschweren und Lernschwierigkeiten verursachen (Wodzinski, 2006).

Die Begriffe Konzept und Präkonzept

- Der Begriff «Konzept» beschreibt gedanklich Erfasstes im Sinne von Entwürfen oder (vorläufigen) Theorien. Konzepte können sich auf Vorstellungen oder Begriffe beziehen.
- Mit «Präkonzept» werden vor dem Unterricht vorhandene Konzepte bezeichnet – in Abgrenzung zu sogenannten Postkonzepten, die nach einem Lernprozess vorhanden sind.
- Zur Bezeichnung des Vorwissens werden alternativ auch Begriffe wie Alltagserfahrungen, naive Theorien, Schülervorstellungen, alternative frameworks oder Vorerfahrungen benutzt – jeder dieser Begriffe setzt eigene Akzente, die mit zugehörigen Theorien korrespondieren.

Wie entstehen Präkonzepte?

- Durch Interpretieren von Alltagserfahrungen: Licht beleuchtet Gegenstände – wir sehen diese, weil wir den Blick darauf richten. Oder: Ein Wollpullover wärmt.
- Durch alltagssprachliche Formulierungen: «der Strom wird verbraucht»; «die Sonne geht auf», wir «saugen» mit einem Strohhalm.
- Durch allgemeine Denkschemata wie z. B. Täter-Tat- oder Geben-Nehmen-Schema: Das Wasser ist verschwunden, weil es weggenommen wurde; es regnet, weil die Wolke platzt.
- Durch Interpretieren vermittelter Erklärungen und Darstellungen: Magnete sind magnetisch, weil sich darin kleine Magnete befinden, die sich drehen können; es regnet, wenn Wolken an einen Berg stoßen.

Wie erhalten wir Einblick in vorhandene Präkonzepte?

Präkonzepte lassen sich nicht nur aus verbalen Äußerungen (Interviews, Gesprächsrunden, offenen Fragen, Multiple-choice-Antworten), sondern ebenso aus Handlungen rekonstruieren. Auch Zeichnungen können Aufschluss über vorhandene Theorien liefern.



Schülerin beim Kneten einer Hohlkugel

Thema: Was schwimmt, was sinkt?

Ein Beispiel für ein sozial vermitteltes Präkonzept: Eine Schülerin versucht, ein Stück Knete zum Schwimmen zu bringen. Sie knetet allerdings kein Knetischniffchen, sondern eine Knetkugel, die innen Luft enthält. Auf Nachfrage erklärt sie: «Meine Mutter hat gesagt, dass ein Schiff schwimmt, weil Luft drin ist. Und meine Mutter ist nicht dumm.» Das sogenannte Luftkonzept ist so tief verwurzelt, dass sie im Gegensatz zu den übrigen Kindern gar nicht auf die Idee kommt, aus der Knetkugel ein Schiffchen zu formen.

4.3 Die Veränderung von Präkonzepten unterstützen

Wie können wir Lernende im Unterricht darin unterstützen, ihre häufig nicht oder nur teilweise der naturwissenschaftlichen Sichtweise entsprechenden Präkonzepte in Richtung angemessenerer, d.h. der aktuellen naturwissenschaftlichen Sichtweise entsprechender Konzepte zu verändern? Es lassen sich drei Strategien unterscheiden:

- **Konfliktstrategien** werden angewendet, um die Lernenden davon zu überzeugen, dass ihre vorhandenen Vorstellungen Grenzen haben und verändert werden müssen. Dazu werden kognitive Konflikte provoziert, in denen die Unzulänglichkeit der vorhandenen Vorstellungen deutlich wird. Untersuchungen haben allerdings gezeigt, dass diese Strategie vor allem bei jüngeren Lernenden nicht unproblematisch ist. So ist der Erfolg einer Konfliktstrategie entscheidend davon abhängig, ob die Lernenden bereit und fähig sind, den Konflikt wahrzunehmen. Dazu sind einerseits metakognitive Fähigkeiten notwendig, über die jüngere Lernende noch nicht unbedingt verfügen; andererseits erfordert das sich Einlassen auf kognitive Konflikte auch die emotionale Bereitschaft, scheinbar sichere Präkonzepte aufzugeben und unsichere Wege zu begehen. Auch negative Folgen von Konfliktstrategien, wie z. B. der Verlust an Selbstvertrauen, sind möglich. Wichtig ist deshalb, dass die erzeugte Unsicherheit durch eine neu gewonnene, überzeugende Vorstellung kompensiert wird.
- **Anknüpfungsstrategien** bieten sich dort an, wo die vorhandenen Präkonzepte Überschneidungsbereiche mit den wissenschaftlichen Vorstellungen aufweisen. Solche Schnittstellen können als Anker benutzt werden, um die vorhandenen Vorstellungen zu differenzieren, ggf. zu erweitern und angemessener Vorstellungen darauf aufzubauen.
- Neben diesen beiden Strategien wird auch die *Brücken- oder By-pass-Strategie* als mögliche Vorgehensweise diskutiert: Hier verzichtet man auf das Bewusstmachen und Reflektieren der vorhandenen Vorstellungen zu Beginn des Unterrichts, um ein hartnäckiges Festhalten an vorhandenen Vorstellungen zu verhindern. Erst nach der Erarbeitung angemessener Vorstellungen werden die Ausgangsvorstellungen reflektiert und mit der neu aufgebauten naturwissenschaftlichen Sichtweise verglichen.

Ein Unterricht zum «Thema Schwimmen und Sinken» in der 3.–6. Jahrgangsstufe

(Möller, 2006)

Beispiel für eine Konfliktstrategie: Vorhandene Präkonzepte verunsichern oder widerlegen

Viele Kinder denken, kleine und leichte Dinge schwimmen, große und schwere Dinge gehen unter. Diese Vorstellung entspringt vermutlich der Erfahrung, dass große und schwere Dinge einen stärkeren Effekt bewirken können – z. B. sich in Sand tiefer eindrücken.

Die Kinder sind dagegen häufig überrascht und verwundert, wenn sie beobachten, dass ein Modellschiff aus Eisen und auch große Schiffe trotz ihrer Ladung nicht untergehen, ein kleines Stück aus Eisen dagegen sinkt.

Das unerwartete Ergebnis löst einen kognitiven Konflikt aus: Auch etwas Leichtes kann sinken, etwas Schweres schwimmen....



Ein Schiff aus Eisen schwimmt, während ein winziges Stück Blech untergeht

Beispiel für eine Anknüpfungsstrategie: An Alltagserfahrungen anknüpfen und diese differenzieren und erweitern

Viele Kinder haben bereits die Erfahrung im Schwimmbad gemacht, dass schwere Dinge im Wasser leichter zu bewegen sind als an Land. Z. B. können sie ein anderes Kind im Wasser mühelos hochheben.

An solche Erfahrungen knüpft der Unterricht mit einfachen Versuchen an. Die Kinder erkennen: Das Wasser macht Dinge scheinbar leichter (eine Angel am Gummiband langsam in das Wasser tauchen und wieder herausziehen, einen Stein im Wasser und am Land hochheben) und es drückt leichte Dinge sogar nach oben (Bälle und Plastikbehälter ins Wasser drücken und dann loslassen).

Knetschiffchen werden umso stärker nach oben gedrückt, je mehr Platz sie im Wasser brauchen.

Die Reflexion der Versuche führt zur Erkenntnis:

Das Wasser drückt Dinge nach oben und es drückt umso stärker, je mehr Platz die Dinge im Wasser brauchen.



Ein Gummiband wird kürzer beim Eintauchen

Beispiel für eine By-pass-Strategie: Adäquate Vorstellungen aufbauen

Im Unterricht wird durch verschiedene Versuche die Einsicht aufgebaut, dass die Verdrängung vom Volumen des eingetauchten Gegenstandes abhängt. Mit dem verbreiteten Präkonzept «Die Verdrängung hängt vom Gewicht des eingetauchten Körpers ab» werden die Kinder erst anschließend konfrontiert. Auf der Basis des Gelernten gelingt es ihnen, die Unzulänglichkeit dieser Vorstellung zu begründen.



Eintauchen gleich großer und unterschiedlich schwerer Würfel

4.4 Conceptual-Change-Theorien als theoretische Basis

Aus konstruktivistischer Perspektive wird Lernen von Naturwissenschaft als ein Conceptual-Change-Prozess betrachtet. Die Übersetzung als Konzeptwechsel ist unglücklich, da Conceptual Change nicht nur bei einem Austausch unzureichender gegen wissenschaftliche Vorstellungen auftritt, sondern auch bei Erweiterungen und Differenzierungen des vorhandenen Wissens. Der Begriff «konzeptuelle Veränderung» oder «Wandel» scheint deshalb angemessener. Um zwischen eher geringfügigen und erheblicheren Konzeptveränderungen zu unterscheiden, sprechen einige Autoren auch von einem sogenannten «harten» bzw. «weichen» Conceptual Change (Carey 1985).

Die sogenannte klassische Conceptual-Change-Theorie

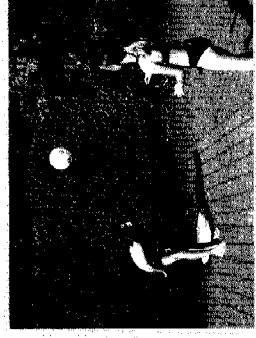
Seit Beginn der 80er-Jahre widmet sich die Forschung zu Conceptual Change der Frage, unter welchen Bedingungen Lerner bereit sind, vorhandene Konzepte zu verändern oder sogar aufzugeben, um angemessenere Konzepte zu entwickeln. Die Pioniere der Conceptual-Change-Forschung, Posner et al., unterscheiden in einer viel beachteten Veröffentlichung (1982) vier Bedingungen für konzeptuelle Veränderungen:

- Die Lernenden müssen mit den vorhandenen Vorstellungen unzufrieden sein, also bemerken, dass ihre vorhandenen Vorstellungen nicht ausreichen, um ein Phänomen zufriedenstellend zu deuten («*dissatisfaction*»).
- Das neue Konzept, das erarbeitet wird, sollte für den Lerner bzw. die Lernerin nachvollziehbar und verständlich sein («*intelligible*»).
- Das neue Konzept sollte darüber hinaus auch glaubwürdig sein – der Lernende bzw. die Lernerin muss von der Angemessenheit des Konzepts auch innerlich überzeugt sein («*plausible*»).
- Das neue Konzept sollte das Erklären und Deuten vieler Zusammenhänge ermöglichen – es sollte sich also als fruchtbar in der Anwendung erweisen («*fruitful*»).

In der Folgezeit wurde dieser Ansatz wegen seiner Beschränkung auf kognitive Prozesse kritisiert; daher stammt die Bezeichnung «cold conceptual change theory». Auch hatten viele Beispiele gezeigt, dass «Unzufriedenheit» nicht eine unbedingte Voraussetzung für konzeptuelle Veränderungen ist.

Ein Beispiel (2.–5. Klasse): Wie kommt es, dass ein Ball springt?

(in Anlehnung an ein Unterrichtsbeispiel von Siegfried Thiel)



Fragt man Kinder danach, wie es kommt, dass Bälle springen, andere Gegenstände – z. B. ein Klumpen Knete – dagegen nicht, so äußern sie verschiedene Ideen: Weil ein Ball rund ist, weil er leicht ist, weil er weich ist, weil er Luft in sich hat oder weil er aus Gummi ist (vgl. Kap. 15.3). Der Knetball dagegen springt nicht, weil er keine Luft hat, zu schwer ist oder am Boden festklebt.

Durch Untersuchen verschiedener zur Verfügung gestellter Gegenstände finden die Kinder heraus

- dass auch schwere Bälle, wie z. B. ein Medizinball, springen,
- dass auch harte Bälle, wie z. B. ein Golf- oder Holzball springen,
- dass auch Bälle, die nicht aus Gummi sind, springen,
- dass auch Dinge, die nicht rund sind (wie z. B. ein Radiergummi) springen,
- dass auch Bälle ohne Luft (z. B. ein Flummi) springen,
- und dass ein Knetball, auch wenn er nicht klebt (eingehüllt in Klarsichtfolie), unten am Boden liegen bleibt.

Anhand der untersuchten Gegenbeispiele sollten die Kinder nun entdecken, dass sie ihre bisherigen Vorstellungen verändern müssen, da diese das Phänomen nicht befriedigend erklären können (*dissatisfaction*). Sind Vorstellungen tief verankert, fällt das Verändern besonders schwer. Zum Beispiel wissen die Kinder aus dem Spiel, dass luftgefüllte Bälle besonders gut springen. Viele Kinder glauben deshalb, dass die Luft für das Springen verantwortlich ist und dass sich auch in einem Flummi in kleinen Ritzen Luft befinden muss.

Andere Vorstellungen dagegen können ausdifferenziert werden und erfordern «weiche» Umstrukturierungen: Die Beobachtung, dass Bälle beim Aufprallen unten «platt» werden, kann als Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen dienen. Das Eindellen beim Aufkommen des Balles und das Wiederausdehnen nach dem Aufprall, also das elastische Verhalten des Balles, wird zunächst an weichen Bällen, dann auch an harten Bällen (mithilfe eines Kohlepapiers) untersucht (*intelligible*). Dennoch fällt es Kindern (und auch Erwachsenen) schwer zu glauben, dass auch harte Bälle beim Aufprall eine Delle bekommen und deswegen springen. Abbildungen eines eingedellten Golfballs beim Abschlag können die Glaubwürdigkeit der angemessenen Vorstellung erhöhen (*plausible*). Mit der neu erworbenen Vorstellung von elastischen und plastischen Materialien können die Kinder nun auch weitere Alltagsphänomene, wie z. B. das Verhalten von Federn, verstehen (*fruitful*).

Weiterentwicklungen der Conceptual-Change-Theorien

Pintrich et al. (1993) erweiterten die Bedingungsfaktoren um motivationale Bedingungen und Kontextfaktoren. Sie weisen darauf hin, dass Ziele, Wünsche und Bedürfnisse von Lernenden die Veränderung von Konzepten beeinflussen können. Schulische Lernprozesse werden auch durch situationale Faktoren, wie z. B. die Größe der Klasse, durch soziale Faktoren, wie die Möglichkeit zur Kooperation, sowie durch die zur Verfügung stehenden Lernmaterialien (Texte, Experimentiermaterialien) beeinflusst. In Abgrenzung zur Theorie von Posner et al. bezeichneten Pintrich et al. ihre Theorie daher als *«hot conceptual change theory»*.

Auch Vosniadou und Brewer (1992) wenden sich gegen die sogenannten klassischen Conceptual-Change-Modelle und damit gegen die Vorstellung, dass konzeptuelle Veränderungen durch einen abrupten Wechsel von einer falschen zu einer richtigen Vorstellung zustande kommen. Sie betrachten Conceptual Change als einen graduellen *Prozess der Umstrukturierung*, der über Zwischenvorstellungen verläuft. Solche Zwischenvorstellungen können z. B. aus der Verknüpfung naiver Vorstellungen mit Elementen wissenschaftlicher Erklärungen bestehen.

Häufig kann man auch beobachten, dass im Unterrichtskontext erworbene angemessenere Konzepte parallel zu naiven Alltagsvorstellungen bestehen bleiben – Lernende greifen dann je nach Situation auf eine der beiden Wissensarten zurück. So kann z. B. ein erworbenes Konzept in einer Situation als glaubwürdig und passend erachtet werden, während in einer anderen Situation wieder auf alte Vorstellungen zurückgegriffen wird.

In Anknüpfung an *sozial-konstruktivistische Theorien und Theorien der situativen Kognition* wird verstärkt die Bedeutung sozialer Interaktionen für Conceptual Change betont. Kooperative Denkprozesse in problemhaltigen, möglichst authentischen Lernsituationen geben Anstöße für die individuelle konzeptuelle Entwicklung (Duit & Treagust 1998; Kap. 15). In jüngerer Zeit haben sich zwei konkurrierende Positionen zur Deutung des initialen, noch nicht vom Unterricht beeinflussten, naturwissenschaftlichen Wissens etabliert. Der Kohärenz-Ansatz betont in Analogie zu wissenschaftlichen Theorien die Integrität und Strukturiertheit des initialen naturwissenschaftlichen Wissens (Vosniadou 2008). Der Fragmentierungsansatz sieht dieses Wissen dagegen als stark fragmentiert und aus vielen unverbundenen Einzelelementen bestehend an (die Sessa 2008).

Fazit: Conceptual Change darf nicht als abrupter Wechsel von sogenannten naiven Vorstellungen zu wissenschaftlichen Vorstellungen verstanden werden. Zwischenvorstellungen stellen wichtige Weiterentwicklungen auf dem Weg zu angemesseneren Vorstellungen dar. Die vorhandenen Vorstellungen können dabei häufig als Basis genutzt werden und durch Anreicherung, Differenzierung oder auch Umstrukturierung weiterentwickelt werden.

Veränderungen von Vorstellungen diagnostizieren

Durch einen Vergleich von vor bzw. nach dem Unterricht erhobenen Prä- bzw. Postkonzepten lassen sich konzeptuelle Veränderungen diagnostizieren. Im Unterrichtsverlauf erhobene Zwischenvorstellungen geben zudem Aufschluss über individuelle Lernwege und etwaige Lernschwierigkeiten. Zur Erhebung eignen sich vor allem individuelle Erhebungsmethoden, wie Interviews oder Aufgaben. Aber auch aus gemeinsamen Unterrichtsgesprächen lässt sich ein Einblick in Veränderungen von Vorstellungen gewinnen.

Wir stellten 9- bis 10-jährigen Kindern vor und nach einem Unterricht zum Thema Schwimmen und Sinken die (schriftliche) Frage, wie es kommt, dass ein großes schweres Schiff nicht untergeht. Das Beispiel zeigt, dass Lernende sehr individuelle Wege in der Veränderung ihrer Vorstellungen gehen. Teilweise geben sie bestehende Konzepte auf; häufig jedoch kombinieren sie auch ihre Ausgangsvorstellungen mit neu erworbenen Vorstellungen. Alle Antworten zeigen jedoch, dass die Kinder nach dem Unterricht der Rolle des Wassers eine entscheidende Rolle zusprechen, während sie vor dem Unterricht die Form, die Luft im Schiff oder auch die Motoren als ursächliche Faktoren ansprechen (Möller 2006).

PRÄ-Konzepte	POST-Konzepte
Vär leich wegen den Luft	Das ligt Nicht an der luft das ligt auch Nicht an das glach(Gleich)gewicht, es ligt an den Wasser.
Weil das (Schiff) flach ist und aus Eisen gemacht ist	Weil es so groß ist, wegen dem Wasser, weil das Wasser schwerer ist als das Schiff.
Weil Störpor in das Schiff galegt wirt und viel Luft (im Schiff) ist.	Weil das Schiff leichter ist wie das Weckedengte (weggedrängte) Wasser.
So ein Schiff hat einen Motor und der Motor treibt das Schiff.	Das Wasser drückt das Schiff hoch, weil das Schiff leichter als das weggedrängte Wasser ist.
Weil in dem Schiff ganz viel Luft ist, und Luft schwimmt.	Weil das Schiff leichter ist, als genauso viel Wasser. Der Wasserdruck ist wichtig. In dem Schiff ist viel Luft. Weil das Schiff viel Wasser wegdrängt, und das Wasser möchte seinen Platz wiederhaben, und drückt das Schiff nach oben
Weil vielleicht im Schiff Luft drin ist oder weil es bestimmte Motoren hat.	Das Schiff drängt ja Wasser weg und dieses Wasser trägt das Schiff. Weil das Wasser schwerer und stärker ist, hat es mehr Kraft das Schiff zu tragen. Wenn das Wasser weniger wiegt als das Schiff dann würde das Schiff untergehen.

(Originale Schüleraussagen aus einem schriftliche Test vor und nach dem Unterricht.)

4.5 Conceptual-Change fördernden Unterricht gestalten

In der fachdidaktischen Diskussion kristallisiert sich in der Tradition Martin Wagenscheins ein auch als konstruktiv-genetisch bezeichnetes, kognitiv aktivierender Unterricht als Conceptual Change fördernd heraus (Köhnlein 1999, Möller 2006).

Folgende Merkmale kennzeichnen einen solchen Unterricht:

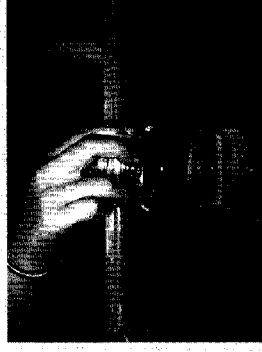
- Die Lernenden sind durch die Möglichkeit, eigenen Fragen und Denkwegen nachzugehen und zu experimentieren, aktiv am Lernprozess beteiligt (Kap. 9).
- Der Unterricht thematisiert für Lernende interessante Fragestellungen und wendet das Erarbeitete in neuen Zusammenhängen an.
- Die Lehrkraft aktiviert vorhandene Vorstellungen, greift diese auf und konfrontiert sie gegebenenfalls mit Evidenz.
- Die Lernenden werden ermutigt, eigene Ideen zu formulieren und diesen nachzugehen. Eigenen Lernwegen wird Raum gegeben.
- Der Unterricht stellt Materialien bereit, um Gelegenheit zu geben, die Angemessenheit von Vorstellungen zu überprüfen.
- Im Klassen- wie auch im Gruppengespräch werden Vermutungen und mögliche Erklärungen diskutiert und geprüft (Kap. 15).
- Arbeitsweisen und Lernprozesse werden reflektiert.

Ein Conceptual Change fördernder Unterricht stellt hohe Anforderungen an die Lernenden, da Wissen nicht transmissiv vermittelt, sondern von den Lernenden selbst aufzubauen ist. Für jüngere, leistungsschwächere Lernende und bei anspruchsvollen Inhalten besteht dabei leicht die Gefahr einer Überforderung. Es ist deshalb wichtig, Unterricht in der «Zone der nächsten Entwicklung» der Lernenden zu gestalten (Vygotsky 1978) und eine angemessene Unterstützung zur Verfügung zu stellen. In den 70er-Jahren benutzte man in der angelsächsischen Literatur den Begriff «guided discovery»; heute sprechen wir von notwendigen Strukturierungselementen in einem konstruktivistisch orientierten Unterricht bzw. von «scaffolding» (Mayer 2004; Möller 2006, 2007, Kap. 12). Im Einzelnen geht es dabei um eine sinnvolle Sequenzierung anwendungsbezogener und komplexer Inhalte, um eine strukturierende Gesprächsführung sowie um den Einsatz von Materialien und Lernhilfen, die das gezielte Überprüfen von vorhandenen Präkonzepten und den Aufbau angemessener Konzepte fördern (Kleickmann 2012).

Die Lehrperson hat in einem solchen Unterricht eine anspruchsvolle Rolle: Sie sollte ein optimales Level an Unterstützung bereitstellen – also so viel Hilfe wie notwendig und so wenig Hilfe wie möglich anbieten, um forschende Lernprozesse zu ermöglichen und die kognitive Aktivität der Lernenden zu fördern.

Ein Beispiel für die 8. Klasse zum Thema «Luftdruck»: Die «Angst vor der Leere» oder das «Drücken der Luft»?

(in Anlehnung an Martin Wagenschein und Ulrich Aeschlimann, 1999)



Ein erstaunliches Phänomen präsentieren:

Wie kommt es, dass das Wasser nicht aus einem Glas herausfließt, wenn man dieses gefüllt umgekehrt aus dem Wasser zieht? Die Lernenden staunen und beobachten: Erst wenn die Luft hineinkann, kann das Wasser hinaus.

Erste Vermutungen äußern und diskutieren lassen:

Als Erklärung erwägen die Lernenden zwei unterschiedliche Theorien: Es ist der Luftdruck, der so stark ist, dass er das Wasser in das Glas hochdrückt – das Wasser kann nicht heraus, weil sonst ein Vakuum, ein luftleerer Raum entstehen würde und das nicht sein kann.

Das Problem herausarbeiten:

Ist es «die Abscheu der Natur vor der Leere» («horror vacui») oder «die Schwere der Luft» (Pascal), welche das Wasser im Bierglas am Ausfließen hindert?

Vorschläge zur Prüfung, diese Theorie zu diskutieren:

«... man könnte aus dem Bierglas das Wasser mit einem Rohr herausaugen und so prüfen, ob es ein Vakuum geben kann.» Mit einem Schlauch wird das Wasser herausgesaugt – aber das Glas bleibt gefüllt. «Susanne: «Wenn du Wasser herausaugst, drückt der Druck wieder Wasser in das Glas.» «Ja, aber man könnte auch sagen, das Wasser fließt in das Glas, weil es kein Vakuum geben darf. Wir sind also nicht weitergekommen.» (Aeschlimann 1999, S. 24)

Der weitere Verlauf des Unterrichts in Stichworten:

- Wie könnte man den Druck des Wassers erhöhen, damit dieser stärker ist als der vermutete Druck der Luft? Ein höheres Gefäß nehmen? Es werden ausprobiert: Ein 0,50 cm hoher Standzylinder, ein 1 m hohes Rohr. Auch hier die Frage: Kann das Wasser nicht ausfließen oder ist der Druck der Luft noch immer größer als der Druck der Wassersäule? Ein zimmerhoher Schlauch – derselbe Effekt!
- Ein 15 m langer, wassergefüllter, mit dem offenen Ende in einem Becken stehender Schlauch wird (in einem Treppenhaus) nach oben gezogen. Die Wassersäule im Schlauch bleibt bei ca. 10 m stehen.
- Über die Berechnung des Wasserdrucks der 10 m hohen Wassersäule zur Berechnung des Luftdrucks; Messen des Gewichts der Luft; Pascals Entdeckung des Luftdrucks; Luftdruck und Wetter (Aeschlimann, 1999, S. 29–36).

2. Rekonstruktionsprobleme sind z.B.:
 - Bei den schriftlichen, mündlichen, zeichnerischen oder aktionalen Repräsentationen der Lernenden handelt es sich nicht um ihre Vorstellungen, sondern um die in Sprache, Bild oder Handlung übersetzten Vorstellungen. Insbesondere jüngere Lernende verfügen unter Umständen noch nicht über hinreichende Äußerungskompetenzen.
 - Der Kontext der Erhebung kann Äußerungen beeinflussen.
 - Schüchterne und sprachschwache Lernende haben Probleme, ihre Vorstellungen zu präsentieren.
 - Bei der Interpretation der Äußerungen blicken wir häufig durch eine «Erwachsenenbrille» – dadurch können Fehldeutungen auftreten (Beispiel: Kleiner Prinz).
3. Formen sprachlich basierter Repräsentationen:
 - Beobachtung oder Aufzeichnung von Unterrichtsgesprächen bzw. offenen Gesprächsrunden, Einzel- und Gruppeninterviews, schriftliche Aufgaben mit Multiple Choice oder offenem Aufgabenformat, Analyse von schriftlichen Produkten (z.B. schriftliche Erklärung bei einem Versuchsprotokoll), Strukturgeometrien.
 - Formen ikonischer Repräsentationen: Von den Lernenden angefertigte Zeichnungen oder Skizzen (z. B. Lage der Kontinente auf der Erde, Funktionsweise des Fahrrads).
 - Formen handelnder Repräsentationen: Demonstration von Abläufen; gestische Veranschaulichungen; experimentelles Tun.
4. Eine mögliche Levelteilung:
 - Level 1: Keine oder nicht haltbare Vorstellungen; Nennen von Schlagworten ohne weiteren inhaltlichen Zusammenhang, im Wesentlichen unvollständige Aussagen.
 - Level 2: Teilweise oder ansatzweise richtige, aber noch sehr wenig differenzierte, kaum generalisierte Aussagen, nur begrenzt zutreffende Alltagsvorstellungen.
 - Level 3a: Im Wesentlichen sachadäquate Aussagen; zwar noch nicht in allen Teilen ausdifferenziert, aber schon ansatzweise generalisierte und begründete Aussagen.
 - Level 3b: Im Wesentlichen sachadäquate, differenzierte, begründete und weitgehend generalisierte Aussagen.
5. Hilfreiche Experimente: Luft hat Gewicht (Luft wiegen); Luft nimmt jeden Raum ein (Tauchversuche); wo Luft ist, kann nichts anderes sein (Luftballon in Flasche aufblasen); gepresste Luft kann Dinge in Bewegung versetzen (Fahrradpumpe unter Büchertapen); Luft «wegnehmen»: Vakuumversuche (mit Strohhalm trinken, Glas an Mund ansaugen).
6. Hilfreich für die Planung: auf der folgenden Seite angegebene Materialien.

1. Folgende Aspekte könnten in der Diskussion berücksichtigt worden sein: Zur Ermittlung möglicher Anknüpfungspunkte (Ausdifferenzierung bereits vorhandener Vorstellungen) bzw. notwendiger Umstrukturierungen; zur Ermittlung von Interessenspräferenzen; um Äußerungen von Lernenden besser zu verstehen; um Lernsituationen in der Zone der nächsten Entwicklung ansetzen zu können; um Differenzierungsmaßnahmen planen zu können.

Übung 9

Veränderung der Vorstellung von der Natur der Veränderung

1. Diskutieren Sie in Anknüpfung an die Erzählung aus dem Kleinen Prinzen: Warum ist es für Lehrpersonen wichtig, etwas über Denkweisen und Präkonzepte von Lernenden in Erfahrung zu bringen?
2. Prä- und Postkonzepte erfassen: Bei der Erschließung von Präkonzepten sprechen wir von Re-Konstruktion – das heißt: Wir konstruieren in unseren Köpfen Vorstellungen über die Vorstellungen der Lernenden. Diskutieren Sie: Welche bildlichen oder aktionalen Äußerungen der Lernenden. Diskutieren Sie: Welche Schwierigkeiten könnten in einem solchen Rekonstruktionsprozess auftauchen?
3. Prä- und Postkonzepte in verschiedenen Repräsentationsformen erheben: Erproben Sie an jeweils einem Beispiel das Rekonstruieren von Prä- bzw. Postkonzepten unter Nutzung der verschiedenen Repräsentationsformen (sprachlich, mündlich bzw. schriftlich, ikonisch, aktional).
4. Prä- und Postkonzepte unterscheiden sich nach dem Grad ihrer wissenschaftlichen Angemessenheit. Ordnen Sie die von Ihnen erfassten Vorstellungen verschiedenen Leveln der Angemessenheit zu. Begründen Sie Ihre Entscheidung. Viele jüngere Lernende haben die Vorstellung, dass Luft nichts ist. Luft existiert für sie nur, wenn sie spürbar ist, z. B. wenn der Wind weht. Mit welchen Experimenten könnten Sie als Lehrperson die Veränderung dieses Konzeptes hin zu einem Erfassen der Eigenschaften der statischen Luft unterstützen?
5. Wenn Sie eine konkrete Unterrichtseinheit planen: (a) Analysieren Sie zunächst, welche Vorstellungen bei den Lernenden vor Beginn der Lernsituation vorhanden sind (Befragungen, Literatur). (b) Welche Konzeptveränderungen sind damit Lernende eine angemessene Vorstellung erwerben? (c) Welche Lernhandlungen könnten beim Erwerb einer wissenschaftsnahen Vorstellung auftreten? (d) Liegen die von Ihnen angestrebten Veränderungen in der «Reichweite» der Lernenden, also in der Zone der nächsten Entwicklung? Oder stellen die angestrebten Veränderungen eine Überforderung dar? Welche Hilfen und Instrumente können Sie einsetzen, um die Zone der nächsten Entwicklung ansetzen zu können; um Differenzierungsmaßnahmen planen zu können.

9.7 Tests zur Selbstkontrolle – Anstöße zum Weiterdenken

4.7 Anregungen für die Schulpraxis und zum Weiterstudium

Theoretische Perspektiven zu Conceptual Change

Zur sozial-konstruktivistischen Perspektive im Hinblick auf Conceptual Change:

- **Palincsar, A. S.** (1998). Social constructivist perspectives on teaching and learning. *Annual Review of Psychology*, (49), 345–375.

Zur Betonung der Situierten Kognition:

- **Stark, R.** (2003). Conceptual Change: kognitiv oder situativ? In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 17, H. 2, S. 133–144. Bern: Verlag Hans Huber.

Eine Übersichtsdarstellung zur Bedeutung von Präkonzepten und Conceptual Change

- **Duit, R.** (2002). Alltagsvorstellungen und Physik lernen. In: **E. Kircher & W. Schneider** (Hrsg.), *Physikdidaktik in der Praxis* (S. 1–26). Berlin: Springer.

Aktuelle Forschungen (internationale Zeitschriftenumschau, regelmäßig aktualisierte Bibliografie, gepflegt von Reinders Duit)

- **Duit, R.** (2006). *Bibliography – STCSE Students' and Teachers' Conceptions and Science Education*. (Formerly: Helga Pfundt & Reinders Duit). Kiel: IPN

Schillervorstellungen in verschiedenen Themenbereichen (hilfreich zur Planung von Unterricht)

- **Wodzinski, R.** (2007). *Schillervorstellungen in der Physik*. Köln: Aulis.

Zur Rolle der Lehrkraft in einem Conceptual Change-fördernden Unterricht

- **Kleickmann, Thilo** (2012): *Kognitiv aktivieren und inhaltlich strukturieren im naturwissenschaftlichen Sachunterricht*. Publikation des Programms Sinus an Grundschulen. Kiel: IPN (http://sinus-an-grundschulen.de/fileadmin/uploads/Material_aus_SGS/Handreichung_Kleickmann.pdf)

Forschungsergebnisse zum Conceptual-Change-orientierten Lernen und einer entsprechenden Lehrerfortbildung

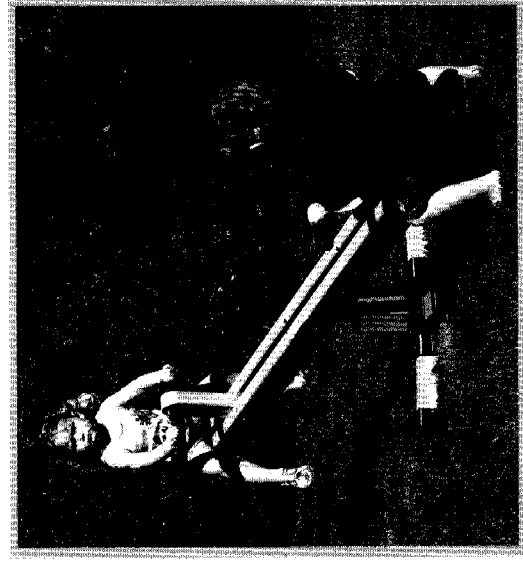
- **Möller, Kornelia; Hardy, Ilona; Jöns, Angela; Kleickmann, Thilo; Blumberg, Eva:** Naturwissenschaften in der Primarstufe – Zur Förderung konzeptuellen Verständnisses durch Unterricht und zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen. In: **Prenzel, Manfred; Allolio-Näcke, Lars** (Hg.): *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms BiQua* (S. 161–193). Münster: Waxmann. 2006.

Beispiele für Unterricht

- **Reihe Lernwelten** (Schulverlag Bern), **Klassenkisten** (Verlag Spectra, Essen), <http://www.entdeckendes-lernen.de/3biblio/theorie/conceptualchange.htm>.

5 Von der Alltagssprache zur Fachsprache gelangen

Anni Heitzmann



«Ich lass dich nicht mehr hinunter!»
«Ich habe Angst!»
«Komm, wir balancieren!»
«Ich rutsche nach vorn und lass dich runter»

Kraft x Kraftarm = Last x Lastarm

$$F_1 \times s_1 = F_2 \times s_2$$

«Was man an Kraft spart, muss man an Weg zusetzen».
(Goldene Regel der Mechanik formuliert von Galileo Galilei)

Sprache hat vielfältige Funktionen. Sprache drückt einerseits etwas aus und übermittelt: Sie ist ein Kommunikationsmittel, das der Verständigung dient. Mit einem System von Symbolen und Zeichen (Laute, Lautketten, Gesten, Wörtern) können Gedanken, Gefühle und Erfahrungen ausgedrückt und mitgeteilt werden. Sprache ist aber andererseits auch ein Mittel für Denk- und Erkenntnisprozesse. Sachverhalte werden denkend durch Sprache strukturiert und so Sinnzusammenhänge erschlossen. Für den Naturwissenschaftsunterricht ist die Auseinandersetzung mit Sprache wichtig:

- Lernen mit Sprache
- Alltagssprache – Fachsprache – Unterrichtssprache
- Bilden und Lernen von Begriffen
- Fragen und Erklären
- Texte im naturwissenschaftlichen Unterricht