

Was kann man von fachdidaktischer Lernprozeßforschung erwarten?

Lernen kann zum einen als "Veränderung der Eigenschaften bestehender kognitiver Strukturen" mit Eigenschaften wie Stärke, Status, Erklärungsniveau oder Komplexität beschrieben werden. Zum anderen geht es aber gerade beim naturwissenschaftlichen Lernen um die "Bildung inhaltlich neuer kognitiver Strukturen", die auch als "conceptual development" ("conceptual change", "conceptual growth") bezeichnet wird. Von der fachdidaktischen Lernprozeßforschung können also Beiträge zur konkreten Klärung der Frage "Was heißt lernen?" erwartet werden

Lernen als Veränderung von Eigenschaften bestehender kognitiver Strukturen

Lernen als Statusveränderung

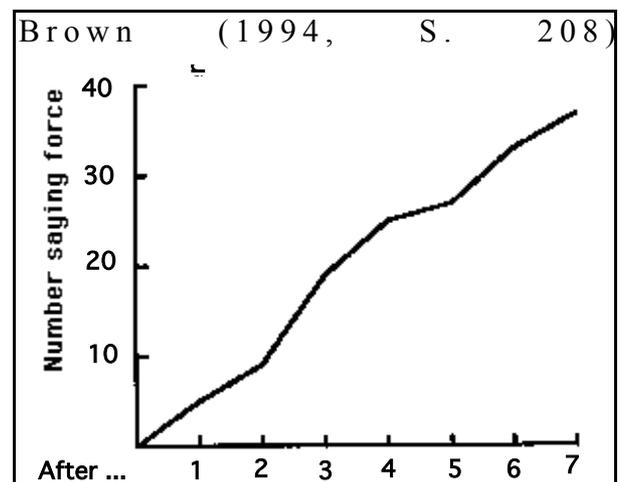
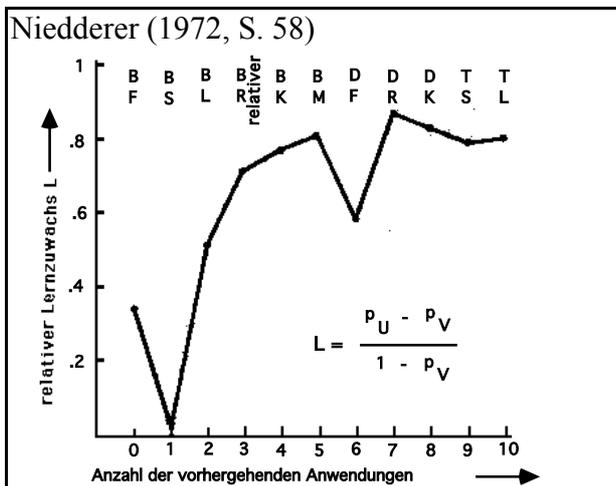
Hewson & Hennessey (1992) beschreiben den Lernprozeß einer Schülerin zum Kraftbegriff als Veränderung des Status von Schülervorstellungen ("status of students' conceptions"). Neben einer Alltagsvorstellung entsteht dabei bald eine wissenschaftliche Vorstellung, deren Status während des Unterrichts von "intelligibility" über "plausibility" zu "fruitfulness" anwächst.

Lernen als Komplexitätsentwicklung

Zur Charakterisierung der Komplexitätsebenen wird an einer Taxonomie gearbeitet, die ursprünglich von Powers (1973) stammt (Fischer, 1989; Fischer & von Aufschnaiter, 1992; Welzel 1994). Bei Welzel (1994) werden die folgenden Komplexitätsstufen verwendet: Objektebene, Eigenschaftsebene, Ereignisebene, Programmebene und Prinzipiebene. Lernen wird kurzfristig als Entwicklung zu höheren Komplexitätsstufen beschrieben, langfristig bedeutet Lernen, daß höhere Komplexitätsstufen schneller erreicht werden.

Lernen als Zunahme der "Stärke" oder "Benutzungswahrscheinlichkeit" eines kognitiven Elements

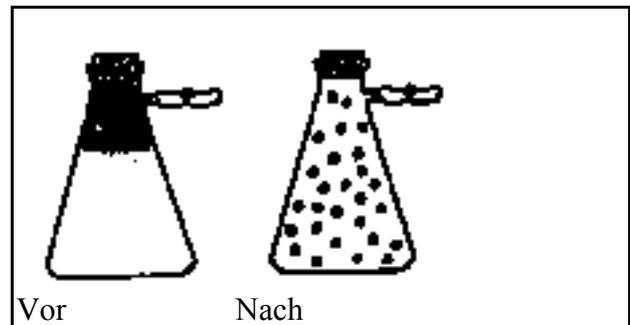
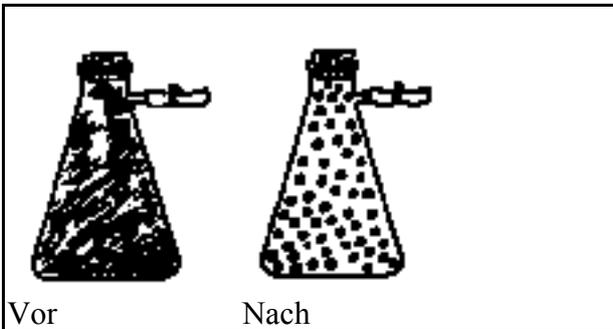
Niedderer (1972, S. 58) gibt hierzu ein Beispiel, in dem er die Zunahme der Häufigkeit richtiger Vorhersagen beim Anschluß verschiedener Quellen und Verbraucher im elektrischen Stromkreis im Verlaufe des Unterrichts untersucht. Bei Brown (1994, S. 208) findet man eine ähnliche Darstellung, die als Zunahme der Benutzungswahrscheinlichkeit für die richtige Antwort ("Gegenkraft des Tisches auf das auf dem Tisch liegende Buch") nach der "Behandlung" von insgesamt 7 ähnlichen Beispielen gelesen werden kann. Vergleiche hierzu auch den Beitrag von Petri und Niedderer in diesem Band.



Lernen als Bildung inhaltlich neuer kognitiver Strukturen

Parallele Entwicklung alternativer kognitiver Strukturen

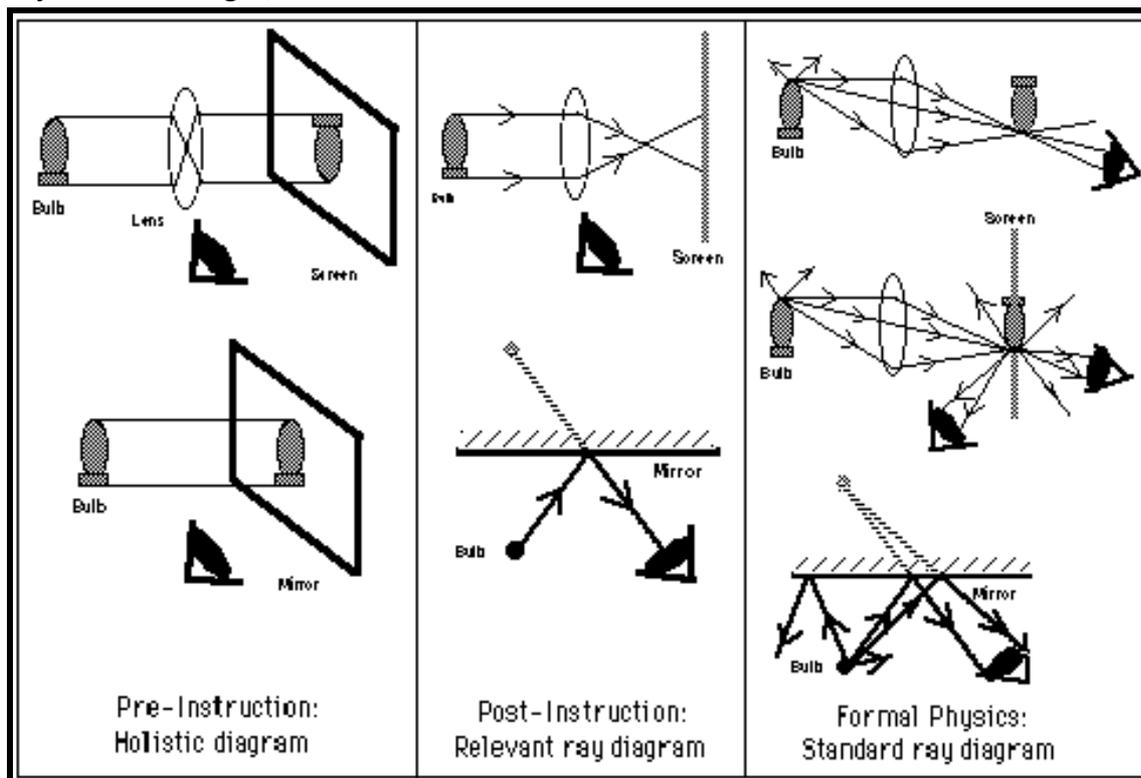
Den Aspekt des Nebeneinanderbestehens verschiedener kognitiver Strukturen in dem erreichten kognitiven Zustand nach dem Unterricht wird erstmals und besonders eindrücklich in der Arbeit von Scott (1987; 1992) beschrieben. Scott untersucht in seinen "pathways in learning science" eine Schülerin Sharon in einem Unterricht, der zu einer Teilchenvorstellung von Festkörpern, Flüssigkeiten und Gasen führen soll.



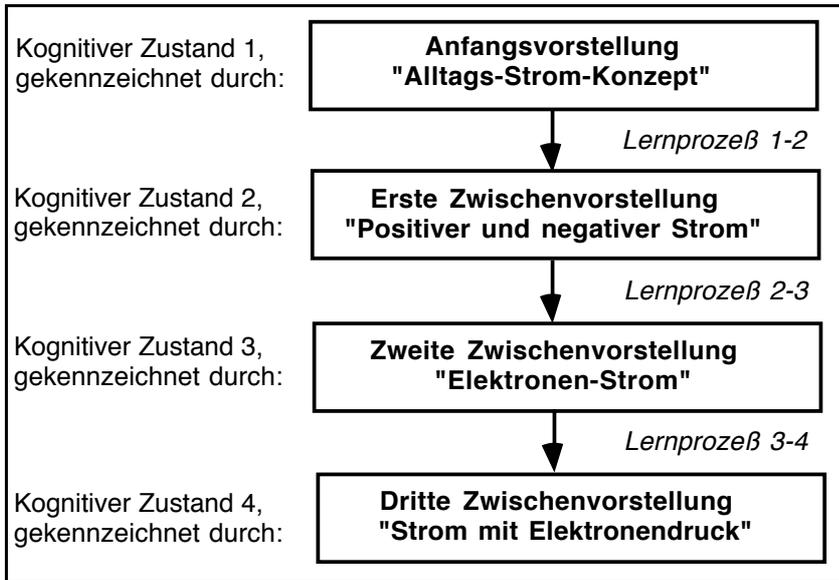
Das Erreichen nicht intendierter kognitiver Zustände

Ein weiteres wichtiges allgemeines Ergebnis von fachdidaktischen Lernuntersuchungen ist der Nachweis darüber, daß Schüler nicht geplante kognitive Zustände erreichen, die in der Regel zwischen Anfangsvorstellungen und wissenschaftlicher Theorie liegen. Ein Beispiel dafür wird in der Untersuchung von Galili, Bendall und Goldberg (1993) gegeben. Die Autoren beschreiben bildhaft die Vorstellung vor dem Unterricht (pre-instruction), die erreichte Vorstellung nach dem Unterricht (post-instruction) und die angestrebte wissenschaftliche Vorstellung (formal physics).

Die als Ergebnis von Physiklernen besonders interessante Zwischenvorstellung, die nach dem Unterricht erreicht wird, nennen sie die "relevant ray conception": hier wird nur eine Auswahl relevanter Strahlen zur Bildkonstruktion verwendet, womit in einigen Situationen charakteristische Fehler verbunden sind. Die Autoren bezeichnen das nach dem Unterricht erreichte Wissen als "hybrid knowledge", welches einen "intermediate state" kennzeichnet.



Das Aufzeichnen von Lernwegen



Einige Studien kommen zur Aufzeichnung von Lernwegen mit Hilfe von erreichten Zwischenstationen. Schon Scott (1987, 1992) benützt den Begriff "conceptual pathway" für die Beschreibung eines solchen Lernweges. Deutlicher werden solche Lernwege explizit beschrieben bei Lewis (1991), Lichtfeldt (1992), Niedderer und Goldberg (1995) und Petri (1996). Das nebenstehende Beispiel stammt aus Niedderer und Goldberg (1995).

Zusammenfassende Ergebnisse und Hypothesen

- Lernen als Selbstentwicklung des kognitiven Systems: Lernen ist mehr beeinflusst von dem was vorher im Kopf des Schülers da ist, als von der spezifischen Form des Unterrichts. Im Unterricht laufen intendierte Lernprozesse mit dem Ziel physikalischer Begriffs- und Theoriebildung häufig nur unvollständig ab und führen zu "Zwischenvorstellungen" ("intermediate conceptions"), welche einen eigenen kognitiven Zustand zwischen Alltagsvorstellungen und wissenschaftlichen Vorstellungen markieren. Es können kognitive Zustände nachgewiesen werden, die so vom Lehrer überhaupt nicht intendiert waren. Ganz verschiedener Unterricht zum gleichen Thema kann zu ähnlichen Zwischenzuständen des kognitiven Systems führen. Ich nenne solche aus der Dynamik der kognitiven Selbstentwicklung bestimmte, unabhängig von der speziellen Konzeption des Unterrichts häufig zu beobachtende Zwischenvorstellungen in einem Inhaltsbereich "Attraktoren der kognitiven Entwicklung".

- Veränderte Sicht des Lernprozesses: Die Ermittlung der vom Schüler beim Lernen eingesetzten inhaltsspezifischen "kognitiven Werkzeuge" dürfte ein vorrangiges Ziel der fachdidaktischen Lernprozeßforschung sein.

- Veränderte Sicht des Lernzustandes nach jedem Physikunterricht: mehrere kognitive Strukturen ("kognitive Schichten") zu einem Inhaltsbereich - darunter auch die wissenschaftlich richtige - können mit verschiedener Stärke und verschiedenem Status nebeneinander bestehen und je nach Situation zum Vorschein kommen oder auch nicht. Ergebnisse über wirkungslos gebliebenen Unterricht müssen gemäß dieser Auffassung möglicherweise revidiert werden.

Literatur

- Galili, I., Bendall, S. & Goldberg, F. (1993). The Effects of Prior Knowledge and Instruction on Understanding Image Formation. *Journal of Research in Science Teaching* 30(3), pp. 271-301.
- Niedderer, H. (1996). Überblick über Lernprozeßstudien in Physik. In Duit, R., v. Rhöneck, C. (Hrsg.): *Lernen in den naturwissenschaftlichen Fächern*, Kiel: IPN Darin weitere Literaturangaben.
- Scott, P. (1992). Conceptual pathways in learning science: A case study of the development of one student's ideas relating to the structure of matter. In: Duit, R., Goldberg, F. & Niedderer, H. (Eds.): *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies. Proceedings of an International Workshop at the University of Bremen*. Kiel: IPN.
- Welzel, M. (1994). *Interaktionen und Physiklernen*. Frankfurt a.M.: Lang, Dissertation Universität Bremen.