

Sehen – Fermat – Zeiger

Curriculare Forschung am Beispiel Optik

Lutz Schön, Thomas Weber, Johannes Werner

(aus: R. Brechel (Hrsg.). *Zur Didaktik der Physik und Chemie: Probleme und Perspektiven. Vorträge auf der Tagung für Didaktik der Physik und Chemie in München, September 1999.* Alsbach : Leuchtturm. 1999)

Vorbemerkung

Das auf der Tagung vorgestellte Poster hatte das Ziel, am Beispiel unserer curricularen Forschung im Bereich Optik deutlich zu machen, dass fachdidaktische Forschung mindestens drei Ebenen hat.

I Entwicklung des Curriculums

Die Entwicklung neuer Unterrichtseinheiten oder ganzer Curricula erfordert eine intensive Aufarbeitung der physikalischen Inhalte. Es sind nicht nur die üblichen Lehrplan- und/oder Lehrbuchinhalte kritisch zu sichten, sondern die physikalischen Fakten des zugehörigen Gebietes sind daraufhin zu analysieren, ob und gegebenenfalls wie sie zum Inhalt von Unterricht werden sollten bzw. könnten. Bei "neuen" Inhalten sind dann sinnvolle Elementarisierungen zu erarbeiten und geeignete Experimente zu entwickeln. Wir wollen diese Ebene die Ebene der **fachinhaltlichen didaktischen Forschung** nennen.

Nicht nur für Physiker (bzw. Chemiker) sondern auch für den Didaktiker ist es ganz selbstverständlich und keiner Rückversicherung bedürftig, dass die Lerninhalte in eine sinnhafte und logische Struktur, nämlich in die Struktur des Faches eingebettet sind. Damit bildet das Fach die sichere Basis der Arbeit. Anders aber als in der physikalischen Forschung, in der durch die Entdeckung, Präzisierung oder Erweiterung physikalischer Sachverhalte die physikalische Theorie bestätigt oder verändert wird, ist in der *fachinhaltlichen didaktischen Forschung* nicht die physikalische Theorie das Ziel der Forschung, sondern das Lehren dieser Theorie. Unter der wissenschaftstheoretischen Prämisse, dass Forschung nur im Rahmen einer vorgängigen Theorie möglich ist, die durch jene modifiziert wird, muss auch *fachinhaltliche fachdidaktische Forschung* auf eine eigene Theorie bezogen sein; diese Theorie muss offengelegt werden können. Hier gibt es u.E. ein Defizit, das durch die Angabe von Bildungszielen des Physikunterrichts, also durch normative Aussagen über einen "guten", "richtigen", "zeitgemäßen", "bildungsrelevanten" o.ä. Physikunterricht noch nicht ausreichend behoben ist.

II Evaluation des Curriculums

Neue Unterrichtseinheiten und Curricula können nur dann wirksam in der Praxis werden, wenn sie in engem Kontakt mit der Schule entwickelt werden. In einer ersten Stufe ist zu prüfen, ob die Inhalte überhaupt lehrbar sind, ob also die Schülerinnen und Schüler bereit und in der Lage sind, dem entsprechenden Unterricht zu folgen und den Inhalt aufzunehmen. Erst in einer zweiten Stufe muss dann die fachliche und pädagogische Einbettung in die Ziele und Aufgaben des Physikunterrichts auf der jeweiligen Schulstufe überprüft werden. Diese Forschungsebene bezeichnen wir als **Evaluationsforschung**.

Das Kriterium der erfolgreichen Curriculumsentwicklung ist der Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler, der mit den gängigen statistischen Methoden auf die Inhalte des Curriculums bzw. auf methodische Varianten zurückgeführt werden kann. Messbarer Lernzuwachs und Statistik bilden den theoretischen Rahmen dieser Form fachdidaktischer Forschung.

III Empirische pädagogische Forschungen am Curriculum

Der Prozess des Lernens, die Entwicklung oder Konstruktion einer kognitiven Struktur "im Kopf" des Lernenden, ist ein höchst komplexer Prozess. Sobald der Lernprozess in einzelne Schritte, Elemente usw. zerlegt wird, entsteht eine Theorie der Verknüpfung, der Abhängigkeiten und Rangfolgen dieser Elemente, es entsteht eine "Theorie des Lernens", z.B. der Konstruktivismus. Der real beobachtete Lernfortschritt (hier von Physik) kann diese Theorie stützen oder ihr widersprechen. Fachdidaktische Forschung kann und sollte hier ihren "domänenspezifischen" Beitrag leisten: An konkreten physikalischen Inhalten wird überprüft, ob die zugrunde gelegte "Lerntheorie" gestützt werden kann. Die dritte Ebene fachdidaktischer Forschung ist also **fachspezifische ("domänenspezifische") empirische pädagogische Forschung**.

1 Legitimation und Wege fachdidaktischer Forschung

Fachdidaktische Arbeiten haben ihren Ursprung i.a. in einer Unzufriedenheit mit dem Ergebnis des Unterrichts. Implizite Evaluation der Praxis bildet die Basis für zahllose Vorschläge zur Verbesserung des Unterrichts. Schul- und länderübergreifende Leistungsvergleiche wie die TIMS-Studien [BL97] und die in Planung befindliche Studie PISA [PIS] sowie zahlreiche Motivationsuntersuchungen machen dieses Unbehagen explizit. Der Widerspruch zwischen Anspruch und Wirklichkeit des naturwissenschaftlichen Unterrichts bildet mithin die Legitimation der entsprechenden Fachdidaktik.

Die hier als *Evaluationsforschung* bezeichnete Forschung ist daher i.a. der Ausgangspunkt fachdidaktischer Arbeiten. Es ist evident, dass für eine Veränderung der Praxis auf der Ebene

I, der *fachinhaltlichen didaktischen Forschung*, gearbeitet werden muss, wobei das Defizit des fehlenden theoretischen Hintergrunds häufig nicht wahrgenommen wird.

Nicht nur die Ähnlichkeit der Probleme des Lehrens in den unterschiedlichen Fächern, sondern auch die Erfahrungen der empirischen pädagogischen Forschung und deren gesichertes Methodenreservoir machen empirische pädagogische Arbeiten in der Fachdidaktik (Ebene III) notwendig. Ohne die Zielsetzung fachdidaktischer Arbeiten – die Verbesserung des konkreten Fachunterrichts – aus dem Blick zu verlieren, sollten Fachdidaktiker ihren *domänenspezifischen* Beitrag zum wissenschaftlichen Verständnis des Lehrens und Lernens leisten.

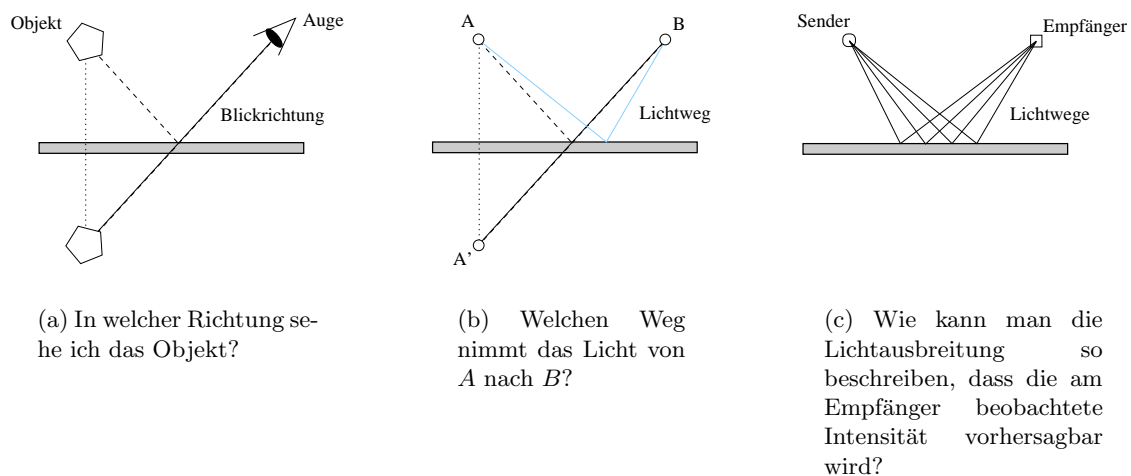


Abbildung 1: Aufbau unseres Curriculums an einem Beispiel

2 Fachdidaktische Forschung an unserem Optik-Curriculum

Bereits mehrfach haben wir den Aufbau unseres Curriculums geschildert [ES97], das hier am Beispiel der Reflexion skizziert werden soll (Abbildung 1): Im Anfangsunterricht steht das Phänomen im Vordergrund und aus der Analyse des Gesehenen werden die physikalischen Begriffe erarbeitet. In der Mittelstufe wird die geometrische Optik aus dem Fermatprinzip entwickelt, wobei auf den Begriff des Lichtweges zurückgegriffen und dieser weiter ausdifferenziert wird. Feynmans populärwissenschaftliche Formulierung der QED bildet die Grundlage der Optik in der Oberstufe; auch hier wird der Begriff Lichtweg weiter ausgeschärft. Es ist evident, dass für diese Curriculumentwicklung intensive fachinhaltliche Untersuchungen (Ebene I) nötig sind.

Der umfangreichen unterrichtlichen Erprobung (Ebene II) folgen intensive empirische pädagogische Untersuchungen, die insbesondere den vertikal vernetzten Aufbau des gesamten Curriculums zum Gegenstand haben (Ebene III). Zuletzt im Gutachten zum BLK-Programm

SINUS [SIN] und in den Handreichungen und Erläuterungen dazu werden im Modul 5 vertikal vernetzte Unterrichtseinheiten gefordert, welche kumulative Lernprozesse begünstigen. Für unsere Untersuchungen gehen wir von folgenden Hypothesen aus (siehe auch unseren Beitrag in [SW00]):

- Nach vertikal vernetztem Unterricht konstruieren die Schülerinnen und Schüler Begriffsnetze größerer "Güte" als nach konventionellem Unterricht (Kontrollgruppen).
- Vertikal vernetzter Unterricht führt zu einem stärkeren "Mitnahmeeffekt", der sich darin äußert,
 - dass die Schüler bei Beginn eines neuen Unterrichtsabschnittes zur Optik häufiger und erfolgreicher auf altes Wissen zurückgreifen als Schüler der Kontrollgruppe
 - dass die Schüler neue Begriffe besser in ihr Wissensnetz integrieren können als Schüler der Kontrollgruppe.
- In vertikal vernetztem Unterricht erhöht sich der subjektiv erlebte Kompetenzzuwachs gegenüber dem herkömmlichen Optikunterricht und die Schüler schätzen ihre Selbstwirksamkeit höher ein.
- Nach vertikal vernetztem Unterricht stehen die Schüler dem Unterricht motivierter und interessierter gegenüber als nach herkömmlichem Unterricht.

In einem mehrstufigen Untersuchungsdesign mit entsprechenden Kontrollgruppen wird geprüft, ob sich tatsächlich die vermuteten Vorteile vertikal vernetzten Unterrichts beobachten lassen. Ein entsprechender Förderungsantrag im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms "Bildungsqualität" wurde gestellt.

3 Schlussbemerkung

Am Beispiel unserer Arbeiten in Berlin (und Kassel) wollten wir deutlich machen, dass sich die unterschiedlichen Inhalte, Formen und Methoden fachdidaktischer Forschung nicht gegenseitig ausschließen, sondern sich sinnvoll, ja sogar notwendig ergänzen können. Allerdings werden sich alle Ebenen fachdidaktischer Forschung nur dann an einer Hochschule durchführen lassen, wenn die Lehrstühle für Fachdidaktik entsprechend ausgebaut sind und über die Fachgrenzen hinweg kooperieren, mit Fachdidaktikern benachbarter Fächer ebenso wie mit empirisch arbeitenden Psychologen oder Pädagogen.

Literatur

- [BL97] BAUMERT, J. ; LEHMANN, R.: *TIMMS – Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich: Deskriptive Befunde*. Opladen : Leske + Budrich, 1997
- [ES97] ERB, R. ; SCHÖN, L.: Ein Blick in den Spiegel – Einblick in die Optik. In: FISCHER, H.E. (Hrsg.): *Handlungs- und kommunikationsorientierter Unterricht in der Sek. II*. Bonn : F. Dümmers Verlag, 1997
- [PIS] PISA. *Programme for International Student Assessment*. www.mpib-berlin.mpg.de/pisa/
- [SIN] *BLK-Programm "Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts"*. aktuelle Angaben und Materialien zu den Modulen: www.blk.mat.uni-bayreuth.de/blk/blk
- [SW00] SCHÖN, L. ; WEBER, T.: Das Fermat-Prinzip in der Schule. In: *Didaktik der Physik und Chemie* Bd. 19. Alsbach : Leuchtturm, 2000