Claudia Haagen-Schützenhöfer Universität Wien
Universität Graz

Physikdidaktische Entwicklungsforschung am Beispiel Geometrische Optik

Problemaufriss

Eine konstruktivistische Sichtweise von Lernen und Unterricht schreibt der Orientierung an Schülerperspektiven wie Interessen, Lernvoraussetzungen und Schülervorstellungen eine grundlegende Bedeutung für zielführende Lernprozesse zu (Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997). Im Bereich der Anfangsoptik, wie in vielen anderen Themenbereichen der Physik, wurden domänenspezifische lernhinderliche Vorstellungen, die vielfach durch Alltagserfahrungen entstehen, jedoch fachlich nicht adäquat sind, hinlänglich erforscht (Duit, 2009). Allerdings scheinen derartige domänenspezifische Lernhindernisse weder im Schulunterricht noch in Schulbüchern genügend Beachtung zu finden. Selbst nach formaler Instruktion, im gegebenen Fall in der Optik, sind Lernende vielfach nicht in der Lage, einfache optische Phänomene fachlich angemessen zu erklären (Andersson & Kärrqvist, 1983; Galili, 1996).
Ziel des hier vorgestellten Entwicklungsforschungsprojekts ist es, Wissen über diese domänenspezifischen Lernhindernisse im Bereich der Anfangsoptik der Schulpraxis niederschwellig zugänglich zu machen und einen forschungsbasierten Lehrgang mit zugehörigen Unterrichtsmaterialien zu entwickeln.

Ausgangslage

Fachdidaktische Forschung im Bereich der Optik zeigt bisher eine Reihe von Ansätzen, die bereits für Schulunterricht erdacht und teilweise auch empirisch überprüft wurden. Ein besonders vielversprechendes Konzept stellt dabei der Lehrgang von Wiesner, Herdt und Engelhard (Wiesner et al., 1995; Wiesner, Engelhardt & Herdt, 1996; Wiesner, Herdt & Engelhardt, 2003; Schmidt-Roedenbeck, Müller, Wiesner, Herdt & Engelhardt, 2005) dar, der auch zahlreiche Ideen von Jung (Jung, 1982) enthält. Herdt (Herdt, 1990) berichtet in seiner Evaluierungsstudie ein signifikant besseres Abschneiden der Klassen, in denen nach dem Lehrgang unterrichtet wurde, verglichen mit konventionell unterrichteten Kontrollklassen.
Wesentliche Unterschiede des Lehrgangs zu konventionellem Optikunterricht liegen vor allem in der durchgehenden Verwendung des Sender-Empfänger-Streukonzepts, auf das alle im Lehrgang besprochenen Phänomene zurückgeführt werden. Des Weiteren zeichnet sich der Lehrgang durch eine späte Einführung abstrakter Strahlenkonstruktionen aus und koppelt Strahlenkonstruktionen immer an das beobachtbare Phänomen, indem dem Weg des Lichtes vom Lichtsender (Lichtquelle) über unterschiedliche Wechselwirkungen mit Materie bis hin zum Empfänger (Beobachter) großer Stellenwert eingeräumt wird (Wiesner, 2007).

Lehrgangsentwicklung

Als Grundlage für den zu entwickelnden Lehrgang wurde die von Wiesner et al. (Wiesner et al., 1995, Wiesner et al., 1996, Wiesner et al., 2003, Schmidt-Roedenbeck et al., 2005) verwendete Sachstruktur herangezogen und an Rahmenbedingungen des österreichischen Schulsystems (Curricula, etc.) angepasst. Des Weiteren flossen aktuelle fachdidaktische Entwicklungen und Schwerpunkte (z. B. kompetenzorientierte, differenzierte Aufgabenstellungen) sowie die Möglichkeiten des Einsatzes moderner Medien ein.
In einem ersten Schritt wurden die dem Lehrgang immanente Sachstruktur und Lernstrategien in Schülermaterialien umgesetzt. Das Design der Schülermaterialien folgte entlang des von Ejersbo (Ejersbo et al., 2008) beschriebenen Design-Based-Research

Erschienen in: S. Bernholt (Hrsg.) (2015). Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014. Kiel: IPN.

Zyklus, der aus zwei verschränkten Prozessräumen besteht: dem Produktenwicklungsraum und dem Forschungsraum. Einerseits wird ausgehend von einem Ausgangsproblem - im konkreten Fall die unbefriedigende Leistung von Lernenden nach Optikunterricht - ein Produkt in iterativen Schleifen designt, in Interventionen erprobt und basierend auf Ergebnissen der Intervention einem neuen Designzyklus zugeführt und redesignt. Andererseits wird ausgehend von demselben Ausgangsproblem ein weiterer zyklischer Prozess, der Forschungszyklus, in Gang gesetzt mit dem Ziel parallel zum Produkt-Design-Zyklus domänenspezifische bzw. lokale Theorien über das Lernen der Subdomänen von Optik zu generieren (siehe Abbildung 1).

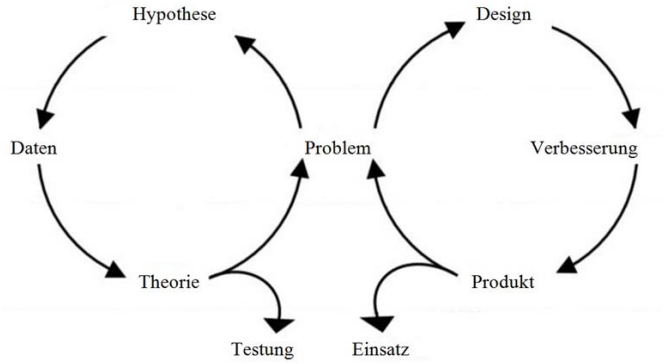

Abb. 1: Model des Design-Based-Research: adaptiert nach (Ejersbo et al., 2008, S.5)

Umsetzung

Im konkreten Fall wurden die Wirksamkeit einzelner Teilbereiche der in Unterrichtsmaterialien übersetzten Lehr-Lernarrangements mittels Micro-Lehr-Lernsitzungen (Akzeptanzbefragungen siehe Haagen-Schützenhöfer, Rottensteiner & Hopf, 2013; Haagen-Schützenhöfer, Fehringer & Hopf, 2014) untersucht. Hierbei galt es, Lernprozesse der Probanden zu rekonstruieren und lernhinderliche Instruktionselemente zu identifizieren, um diese in weiteren Designzyklen durch zielführendere Strategien zu ersetzen.

Diese Micro-Lehr-Lernbefragungen wurden mit jeweils 12-14 Schülerinnen und Schülern zu den Teilthemen - geradlinige Ausbreitung von Licht, physikalischer Sehvorgang, Sehen von selbstleuchtenden und beleuchteten Gegenständen, Streuung von Licht und Körperfarben - durchgeführt. Hierzu wurden Schülerinnen und Schüler in Zweierteams von einem Instruktor mit Hilfe des Lehrgangmaterials unterwiesen. Keiner der Probanden hatte zuvor eine formale Instruktion in Optik. In diesen Micro-Lehr-Lernsitzungen wechselten kurze Phasen der Instruktion (Informationsangebote) mit kurzen Interviewphasen (Akzeptanzfragen) ab, in denen Fragen nach der Akzeptanz des Inputs, Verständnisschwierigkeiten und Transfer- bzw. Verallgemeinerungsleistungen der Probanden nachgegangen wurde. Die Videos dieser Lehr-Lernsitzungen wurden der Qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (Mayring, 2010) unterzogen. Erkenntnisse über die domänenspezifischen Verständnisschwierigkeiten, die durch die vorgelegten Unterrichtsmaterialien ausgelöst wurden, wie auch allgemeine Erkenntnisse bezüglich der Lernprozesse, die durch den Lehrgang initiiert wurden, konnten als Ausgangsbasis für einen neuen Design-Zyklus herangezogen werden.

Ergebnisse

Als Ergebnisse können Befunde auf mehreren Ebenen berichtet werden. Einerseits konnten auf der Microebene (Ebene der Verständlichkeit einzelner Basiskonzepte)

Schülervorstellungen gefunden werden, die bisher in der uns bekannten Literatur wenig diskutiert werden. Des Weiteren konnten Evidenzen gesammelt werden, dass auf der Macroebene (Ebene der Sachstruktur) eine Thematisierung von Körperfarben unmittelbar in Zusammenhang mit der Sender-Empfänger-Streuvorstellung positive Lerneffekte schafft und zudem den Interessensverläufen der Schülerinnen und Schülern gut angepasst ist.

Literatur

Andersson, B. & Kärrqvist, C. (1983). How Swedish pupils, aged 12-15 years, understand light and its properties. International Journal of Science Education, 5(4), 387–402.

Duit, R. (2009). Bibliography—STCSE: Students' and teachers' conceptions and science education. Retrieved October 20, 2009.

Ejersbo, L.R., Engelhardt, R., Frølunde, L., Hanghøj, T., Magnussen, R. & Misfeldt, M. (2008). Balancing product design and theoretical insights. In Kelly, A.E., Lesh, R.A. & Baek, J.Y. (Hrsg.), Handbook of design research methods in education: Innovations in science, technology, engineering, and mathematics learning and teaching (S. 149–163): Routledge.

Galili, I. (1996). Students' conceptual change in geometrical optics. International Journal of Science Education, 18(7), 847–868.

Haagen-Schützenhöfer, C., Fehringer, I. & Hopf, M. (2014). Akzeptanzbefragung zu Optikunterrichtsmaterialien: Farben. In Bernholt, S. (Hrsg.), GDCP Jahrestagung in München 2013: Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht (S. 639–641). Münster/New York: LIT Verlag.

Haagen-Schützenhöfer, C., Rottensteiner, J. & Hopf, M. (2013). Akzeptanzbefragung zu Optikunterrichtsmaterialien. In Bernholt, S. (Hrsg.), GDCP Jahrestagung in Hannover 2012: Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen (S. 431–433). Kiel: IPN.

Herdt, D. (1990). Einführung in die elementare Optik. Vergleichende Untersuchung eines neuen Lehrgangs. Essen: Westarp-Wissenschaftsverlag.

Jung, W. (1982). Fallstudien zur Optik. physica didactica, 9, 199–220.

Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion–Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3(3), 3–18.

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken, Weinheim: Beltz.

Schmidt-Roedenbeck, C., Müller, R., Wiesner, H., Herdt, D. & Engelhardt, P. (2005). Unterricht Physik, Opitk III/2. Wölb- und Hohlspiegel, Spiegelteleskop, Auge, Farben, Köln: Aulis.

Wiesner, H. (2007). Verbesserung des Lernerfolgs im Unterricht über Optik (I). Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten. Physik in der Schule 30 (1992). In Müller, R., Wodzinski, R. & Hopf, M. (Hrsg.), Schülervorstellungen in der Physik. Köln: Aulis.

Wiesner, H., Engelhardt, P. & Herdt D. (1995). Unterricht Physik, Optik I. Lichtquellen, Reflexion, Köln: Aulis Verlag Deubner & Co.

Wiesner, H., Engelhardt, P. & Herdt D. (1996). Unterricht Physik, Optik II. Brechung, Linsen, Köln: Aulis Verlag Deubner & Co.

Wiesner, H., Herdt, D. & Engelhardt, P. (2003). Unterricht Physik, Opitk III/1. Optische Geräte, Köln: Aulis.