

## Design-Based Research: Unterrichtsgang zur Anfangsoptik

### Motivation

Die fachdidaktische Forschung der letzten Jahrzehnte liefert zahlreiche Erkenntnisse über Schülervorstellungen und Lernhindernisse in den meisten Inhaltsbereichen der Physik, so auch für den Bereich der Anfangsoptik. Empirische Untersuchungen zeigen allerdings auch, dass eine lernwirksame Umsetzung dieser Erkenntnisse im konventionellen Unterricht nur selten stattfindet bzw. dass derartige Lernhindernisse nur ungenügend Berücksichtigung in Schulbüchern finden. Ein systematischer Theorie-Praxis-Transfer gelingt also kaum (Duit, Gropengießer, Kattmann, Komorek, & Parchmann, 2012). Das hier vorgestellte Projekt zielt auf die forschungsgeleitete Entwicklung eines Unterrichtsganges und dessen Implementierung in die Schulpraxis ab.

### Ausgangslage und Zielsetzungen

Den Ausgangspunkt dieses Projekts stellten die defizitären Lernstände von SchülerInnen der 8. Schulstufe zu Grundkonzepten des Anfangsoptikunterrichts dar, die im Rahmen einer Erhebung zur Entwicklung der nationalen Bildungsstandards diagnostiziert wurden.

Eine parallel bei den Physiklehrkräften (N=110) der untersuchten SchülerInnen durchgeführte Befragung zur Relevanz und Schwerpunktsetzung verschiedener Grundkonzepte in deren Anfangsunterrichtsgestaltung unterstreicht die Vermutung, dass aus fachdidaktischer Sicht für den Lernfortschritt relevante Konzepte kaum bis nicht adressiert werden. Stellvertretend seien hier die Ergebnisse zum Konzept der Lichtausbreitung als kontinuierlicher Strömungsprozess und dessen Darstellungsform mittels Lichtstrahlenmodell vorgestellt, wie auch das Sender-Empfänger Modell zum physikalischen Sehprozess. Abbildung 1 zeigt, dass diese Konzepte im Unterricht von mehr als 50% der Befragten nicht gesichert thematisiert werden (s. Abb. 1: Kategorien „kommt vor, falls Zeit ist“ oder „kommt nicht vor“).

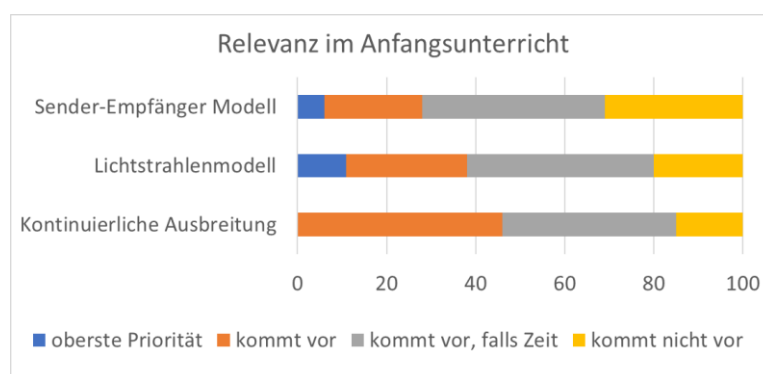


Abb. 1: Lehrkräftebefragung (N=110) zur Adressierung von Konzepten im Anfangsoptikunterricht der 8. Schulstufe in Österreich

Das Ziel des Projektes besteht darin einen lernwirksamen Unterrichtsgang zur Anfangsoptik zu entwickeln, der als Schülermaterialien operationalisiert ist und leicht in die gängige

Schulpraxis implementiert werden kann. Zudem sollte Wissen über domänenspezifische Lernprozesse und Lernhindernisse im Bereich der Anfangsoptik der Schulpraxis niederschwellig zugänglich gemacht werden.

### Design-Based Research als Forschungsprogramm

Design-Based Research versteht sich als nutzenorientierte Grundlagenforschung, deren Zielperspektive auf hohen Erkenntnisgewinn bei gleichzeitig hohem praktischem Nutzen ausgelegt ist. Absicht dieses Forschungsansatzes ist es Theorien über bereichsspezifisches Lernen zu entwickeln und gleichzeitig forschungsbasiert Lernumgebungen zu designen, die lernförderlich und gut in schulischen Rahmenbedingungen umsetzbar sind.

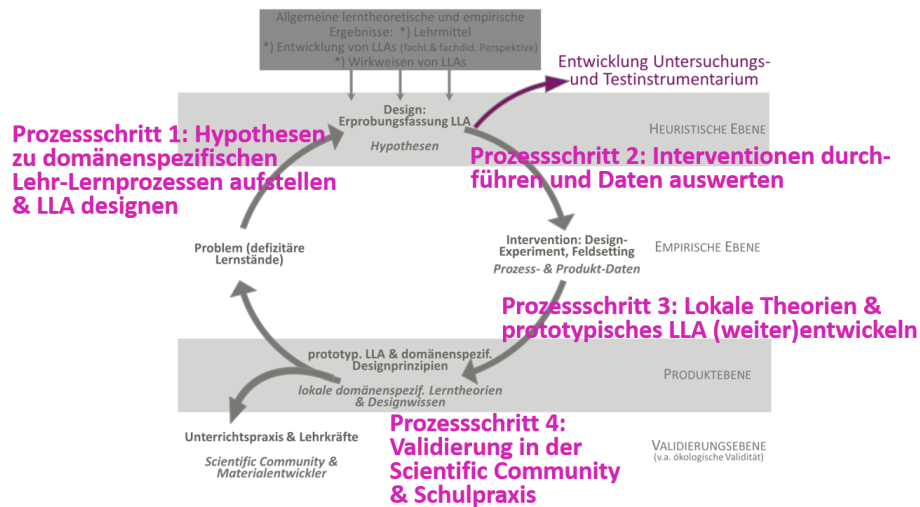


Abb. 2: Modell von Design-Based Research (Haagen-Schützenhöfer, 2016, angelehnt an Eijersbo, 2007) Forschungs- und Produktzyklus in überlagelter Darstellung

Wie Abb. 2 zeigt, liegt der Startpunkt der iterativen Forschungs- und Entwicklungszyklen von Design-Based Research in konkreten Problemstellungen aus der Schulpraxis. Diese beiden Prozessräume, sind über vier Ebenen und zugehörige Arbeitsschritte miteinander verbunden, die jeweils einen Forschungsaspekt (z.B. in Prozessschritt 1 „Hypothesen zu domänenspezifischen Lehr- und Lernprozessen aufstellen“, s. Abb. 2) und einen Entwicklungsaspekt (z.B. in Prozessschritt 1 „Lehr-Lern-Arrangements (LLAs) designen“, s. Abb. 2) beinhalten. Der Forschungszyklus liefert schließlich lokale, domänenspezifische Lerntheorien und wird über typische Mechanismen in der Scientific Community validiert, während der Entwicklungszyklus Artefakte für den Unterricht liefert, die einer ökologischen Validierung durch die Schulpraxis zugeführt werden.

### Vorarbeiten: Untersuchungen und Interventionen der Frankfurter Gruppe

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, Engelhardt, & Herdt D., 1995, Wiesner, Engelhardt, & Herdt D., 1996a, Wiesner, Engelhardt, & Herdt D., 1996b) 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.

### **Design des Projekts zur Anfangsoptik**

Folgend dem Programm des Design-Based Research wurden in einer ersten Phase allgemeine und domänenspezifische Designprinzipien definiert, die den Rahmen für die Erstellung einer Erprobungsfassung eines Lehr-Lern-Arrangements (LLA) zur Anfangsoptik boten. Teilgegenstandsbereiche dieses LLA wurden in qualitativen Lernprozessstudien mittels Akzeptanzbefragungen beforscht und iterativ weiterentwickelt. Daneben wurden nach großen Überarbeitungsschritten Feldtestungen durchgeführt, bei denen der Lehrgang für ca. 20 Unterrichtsstunden in Schulklassen eingesetzt wurde. Die Wirksamkeit im Feld wurde v.a. mittels Prä-Post-Test-Design (Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2014) ermittelt. Die aktuelle Version des LLA wurde in 4 Schulklassen (N=125) der 8. Schulstufe umgesetzt. Parallel dazu wurde eine österreichweite Baseline-Erhebung in Form von Post-Tests mit SchülerInnen (N=393) nach konventionellem Optikunterricht in der 8. Schulstufe durchgeführt, um deren Lernergebnisse mit denen der Interventionsklassen in Beziehung setzen zu können.

### **Ergebnisse**

Die statistischen Analysen der Daten der Interventionsklassen zeigen einen hoch signifikanten intra-individuellen Wissenszuwachs mit einer großen Effektstärke. Ein Vergleich der Post-Test Ergebnisse der Baseline-Gruppe und der Interventionsklassen zeigt ein signifikant besseres Abschneiden der Interventionsklassen ( $t(484)=10,197$ ,  $p<0.001$ ); (Levene-Test  $F=0,329$ ,  $sig=0,566$ ) mit großen Effektstärken.

Zusammenfassen lassen sich die Ergebnisse des Design-Based Research Projektes auf Forschungsebene als eine Weiterentwicklung von Theorien zum Lehren und Lernen der Anfangsoptik bezüglich Lernendenvorstellungen, lernendengerechter Repräsentationsformen und sachstruktureller Überlegungen sowie der Nutzung von Anknüpfungsstrategien für Konzeptwechsel. Eine Begrenztheit der Forschungsergebnisse ergibt sich durch die Wahl des Forschungsansatzes, der auf lokale, domänenspezifische Phänomene fokussiert.

Auf Ebene der Entwicklungsprodukte wurde ein erprobtes Lehr-Lernarrangement operationalisiert als Schülertext entwickelt und über unterschiedliche Kanäle in Unterrichtspraxis implementiert.

Die Erfahrungen in diesem Projekt zeigen, dass Design-Based Research eine gute Möglichkeit bietet Bedürfnisse der Schulpraxis in Forschungsprojekte zu integrieren und durch die Nutzung der Expertise von Lehrkräften die Akzeptanz von Forschungsprodukten für eine nachhaltige Implementierung in die Unterrichtspraxis zu steigern.

**Literatur**

- Duit, R.; Gropengießer, H.; Kattmann, U.; Komorek, M. & Parchmann, I. (2012). The Model of Educational Reconstruction – a Framework for Improving Teaching and Learning Science. In: D. Jorde und J. Dillon (Hrsg.): Science education research and practice in Europe. Springer, S.13–37.
- Ejersbo, L.; Engelhardt, R.; Frølund, L.; Hanghøj, T.; Magnussen, R. & Misfeldt, M. (2008). Balancing product design and theoretical insights. In: The handbook of design research methods in education, S. 149-163.
- Haagen-Schützenhöfer, C. (20016). Lehr- und Lernprozesse im Anfangsoptikunterricht der Sekundarstufe I. Kumulative Habilitationsschrift. Universität Wien, Fakultät für Physik.
- Haagen-Schützenhöfer, C. & Hopf, M. (2014). Testing students' Conceptual Understanding in Geometrical Optics with a Two-Tier Instrument. In Taşar, M. (Hrsg.), Proceedings of World Conference of Physics Education 2012 in Istanbul: Book of Proceedings. Ankara. (S.1327-1336)
- Herd, D. (1990): Einführung in die elementare Optik. Vergleichende Untersuchung eines neuen Lehrgangs. Essen: Westarp-Wissenschaftsverlag.
- Jung, W. (1982): Fallstudien zur Optik. In: physica didactica 9, S.199–220.
- Wiesner, H.; Engelhardt, P. & Herdt D. (1995). Unterricht Physik, Optik I. Lichtquellen, Reflexion. Köln: Aulis Verlag Deubner & Co.
- Wiesner, H.; Engelhardt, P. & Herdt D. (1996a). Unterricht Physik, Optik II. Brechung, Linsen. Köln: Aulis Verlag Deubner & Co.
- Wiesner, H.; Engelhardt, P.; Herdt, D. (1996b): Unterricht Physik, Optik III/1. Optische Geräte. Köln: Aulis.