

Die Sichtbarkeit fachlicher Vorstellungen in experimentellen Prozessen

Einleitung und Motivation

Gemäß einem konstruktivistischen Ansatz ist insbesondere das Vorwissen der Lerner für den Lernerfolg entscheidend. In den letzten Jahren wurden daher in einer Vielzahl von Studien das Vorwissen und die Vorstellungen von Lernern untersucht. Dabei hat sich gezeigt, dass Schülerinnen und Schüler bereits vor dem Unterricht vielfältige Alltagserfahrungen gesammelt und tief verankerte Vorstellungen ausgebildet haben (vgl. Duit, 2009). Diese Vorstellungen der Lerner können dabei physikalisch richtig oder fehlerbehaftet sein. Im zweiten Fall wird daher auch von Fehlvorstellungen gesprochen. Solche Vorstellungen und Fehlvorstellungen wurden in der Vergangenheit dabei meist durch Interviews oder Fragebögen diagnostiziert. Duit et al. halten fest, dass das Experimentieren und das Modellieren theoretischer Vorstellungen eng miteinander verbunden sind (vgl. Duit et al., 2010).

Im Rahmen eines Promotionsprojektes soll der Frage nachgegangen werden, inwiefern beim praktischen Experimentieren die gleichen Vorstellungen beobachtet werden können wie bei der theoretischen Bearbeitung von Fragebögen. Im vorliegenden Beitrag wird zunächst das Studiendesign des Promotionsprojektes vorgestellt und anschließend die Entwicklung eines Fragebogens zur Diagnostik fachlicher Vorstellungen im Bereich der geometrischen Optik mit dem thematischen Schwerpunkt der Abbildung an einer Sammellinse aufgezeigt. Die Entwicklung des Fragebogens ist dabei eng mit der Entwicklung von geeigneten Experimentieraufgaben verbunden, auf die in einem anschließenden Abschnitt eingegangen wird.

Vorstellung des Studiendesigns

Zur Untersuchung der Fragestellung, inwiefern beim praktischen Experimentieren die gleichen Vorstellungen beobachtet werden wie bei der theoretischen Bearbeitung von Fragebögen, sollen die Probanden zunächst einen Fragebogen bearbeiten. Aufgrund der Antworten der Probanden sollen anhand einer qualitativen Inhaltsanalyse angelehnt an Gropengießer fachliche Vorstellungen abgeleitet werden (vgl. Gropengießer, 2008). Im Vorfeld der Bearbeitung des Fragebogens sollen zudem Kovariablen erhoben werden. Insgesamt soll die Erhebung von Kovariablen und der Einsatz des Fragebogens einen zeitlichen Umfang von ca. 60 Minuten nicht übersteigen, um Testermüdungseffekte zu vermeiden. Als Probanden sollen Lehramtsstudierende mit dem Fach Physik gewonnen werden.

Im Anschluss an die Erhebung von Kovariablen und den Einsatz des Fragebogens sollen die Probanden dann zwei Experimentieraufgaben bearbeiten. Für die Bearbeitung der Experimentieraufgaben ist ein zeitlicher Umfang von 45 Minuten vorgesehen. Der experimentelle Prozess bei der Bearbeitung der Experimentieraufgaben soll dabei durch eine objektfokussierte Erfassung aufgezeichnet werden. Bei diesem objektfokussierten Ansatz wird das zugrundeliegende Realexperiment möglichst unverändert gelassen. Zudem wird der experimentelle Prozess möglichst vollständig erfasst und damit rekonstruier- und vergleichbar. Die Grundidee dieses Ansatzes ist es dabei alle relevanten Manipulationen am experimentellen Aufbau durch eine geeignete Sensorik zu erfassen (vgl. Fraß & Heinke, 2014; Büsch et al., 2017). Für Experimente bei Realexperimenten auf einer optischen Bank wurde daher im Rahmen des Promotionsprojektes eine Sensorik zur Erfassung der horizontalen und vertikalen Position von Bauteilen auf einer optischen Bank entwickelt. Die Positionserfassung ist mit einer hohen Genauigkeit ($\Delta x \approx 2 \text{ mm}$, $\Delta y \approx 1 \text{ mm}$) und einer hohen zeitlichen Auflösung ($\Delta t \approx 200 \text{ ms}$) möglich. Die Sensordaten werden drahtlos von den optischen Reitern auf einen Server übertragen und dort gespeichert. Eine ausführliche Vorstellung der entwickelten Sensorik findet

sich bei Joußen & Heinke 2018. Anhand der aufgenommenen Sensordaten soll der bei der Bearbeitung der Experimentieraufgaben durchlaufene experimentelle Prozess dahingehend untersucht werden, ob sich die durch den Fragebogen diagnostizierten fachlichen Vorstellungen auch in den Prozessdaten zeigen. Das Studiendesign der Hauptstudie, die für das erste Quartal 2020 geplant ist, ist in Abb. 1 zusammenfassend dargestellt.

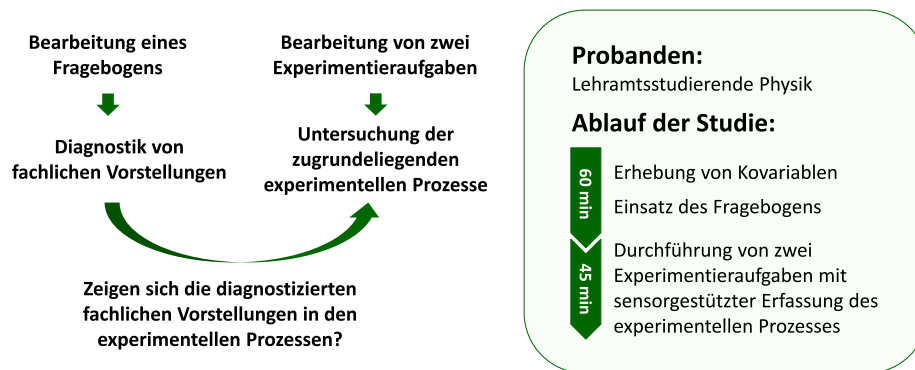


Abb. 1: Studiendesign der geplanten Hauptstudie

Entwicklung eines Fragebogens zur Diagnostik fachlicher Vorstellungen

Im Zuge der Entwicklung des Fragebogens wurde ein Paper-Pencil-Test konzipiert, der 18 Aufgaben mit offenem Antwortformat beinhaltet. Die Probanden sollen dabei ihre Antworten jeweils auch begründen und auf einer 4-stufigen Skala einschätzen, wie sicher sie sich bei der Antwort und der Begründung sind. Das Format des Fragebogens mit Antwort und Begründung und der Selbsteinschätzung ist dabei angelehnt an den Four-tier Geometrical Optics Test (FTGOT) (vgl. Kaltakci-Gurel, Eryilmaz & McDermott, 2017).

Die erste Aufgabe des entwickelten Fragebogens dient als Grundlage für die weitere Auswertung, da in dieser das Abstrahlverhalten der in den weiteren Aufgaben verwendeten Lichtquellen charakterisiert werden soll. Aufgabe 2 thematisiert dann die Ausbreitung von Licht. In den Aufgaben 3 bis 13 wird die Abbildung an einer Sammellinse behandelt, wobei durch die Aufgaben einzelne Teilaspekte des Themengebietes abgebildet werden. Da in den Experimentieraufgaben auch eine Lochblende verwendet werden soll, wird in Aufgabe 14 die Abbildung an einer Lochblende thematisiert. Zuletzt wird in den Aufgaben 15-18 die Abbildung an Linsensystemen bestehend aus zwei Sammellinsen aufgegriffen.

Die Aufgaben des Fragebogens sind dabei jeweils nach folgendem Schema aufgebaut: Zunächst wird eine experimentelle Ausgangssituation in einem kurzen Text und einer Skizze beschrieben. Die Aufgabenstellung befindet sich unterhalb der Skizze, wobei jeweils ein Bereich für die Antwort und ein Bereich für die Begründung der Probanden vorgesehen sind. Unterhalb dieser Bereiche für Antwort und Begründung findet sich der Bereich zur Einschätzung, wie sicher sich die Probanden bei der Antwort und Begründung waren. In Abb. 2 ist beispielhaft die Aufgabe 11 des Fragebogens dargestellt.

Eine Pilotierung des Fragebogens mit 6 Lehramtsstudierenden der Physik ergab, dass die Aufgaben eine durchschnittliche Lösungswahrscheinlichkeit von 49 % besaßen (Minimum: 21 %, Maximum: 88 %). Die Probanden benötigten durchschnittlich 137 Minuten zur Bearbeitung des Fragebogens (Minimum: 104 Minuten, Maximum: 184 Minuten). Aufgrund einer Betrachtung der abgeleiteten Vorstellungen sollen im nächsten Schritt Aufgaben mit gleichen abgeleiteten Vorstellungen identifiziert werden, um darauf aufbauend eine Auswahl von Aufgaben für die finale Version des Fragebogens für die Hauptstudie treffen zu können. Das Ziel soll hierbei sein, die angestrebte Bearbeitungszeit von ca. 60 Minuten zu erreichen.

Aufgabe 11:
Eine Lichtquelle (rot), eine Linse und ein Schirm werden – wie in der nachfolgenden Skizze dargestellt – auf einer optischen Bank positioniert. Die Brennpunkte der Linse sind durch ein x gekennzeichnet.

a) Was können Sie auf dem Schirm beobachten?
Beschreiben Sie Ihre Beobachtung und zeichnen Sie diese in die Draufsicht des Schirms ein.

b) Begründen Sie Ihre Antwort.

Wie sicher sind Sie sich bei Ihrer **Antwort**?
sicher → unsicher

Wie sicher sind Sie sich bei Ihrer **Begründung**?
sicher → unsicher

Abb. 2: Aufgabe 11 des entwickelten Fragebogens zur Diagnostik von fachlichen Vorstellungen im Bereich der geometrischen Optik

Entwicklung von Experimentieraufgaben

Bei der Entwicklung der Experimentieraufgaben wurde auf eine hohe Übereinstimmung der zugrundeliegenden fachlichen Konzepte zwischen Fragebogen und Experimentieraufgaben geachtet. Darüber hinaus sollen die Aufgaben einen hinreichenden Grad der Offenheit besitzen, um eine Varianz im experimentellen Prozess zu ermöglichen. Insbesondere sollen die Aufgaben dabei nicht mit einer Trial-and-Error-Strategie lösbar sein, damit eine kognitive Auseinandersetzung mit den zugrundeliegenden fachlichen Konzepten stattfinden muss.

In der ersten Experimentieraufgabe soll die Brennweite einer Linse auf zwei unterschiedliche Art und Weisen bestimmt werden. Dafür stehen neben einer optischen Bank zwei weitere Linsen mit bekannter Brennweite, eine Lampe, ein selbstleuchtender Gegenstand in „L“-Form, eine Irisblende mit verstellbarem Öffnungsdurchmesser und ein Schirm zur Verfügung.

In der zweiten Experimentieraufgabe soll mit einer oder mehreren Linsen ein aufrechtes und nicht seitenverkehrtes Bild auf dem Schirm erzeugt werden. Bei dieser Aufgabe stehen neben einer optischen Bank ein selbstleuchtender Gegenstand in „L“-Form, drei Linsen mit unterschiedlicher Brennweite und ein Schirm zur Verfügung.

Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen eines Promotionsprojektes soll untersucht werden, inwiefern sich beim praktischen Experimentieren die gleichen Vorstellungen beobachten lassen wie bei der theoretischen Bearbeitung von Fragebögen. Dazu wurde ein Fragebogen mit offenem Antwortformat zum Diagnostizieren von fachlichen Vorstellungen im Bereich der geometrischen Optik mit Schwerpunkt auf der Abbildung an Sammellinsen entwickelt. Eine erste Pilotierung dieses Fragebogens liefert die Datengrundlage, um einerseits aus den Antworten der Probanden anhand einer qualitativen Inhaltsanalyse ein erstes Kategoriensystem fachlicher Vorstellungen zu bilden, das andererseits auch zur notwendigen Kürzung des Fragebogens dient. Zudem wurden zwei Experimentieraufgaben entwickelt, die eine hohe Übereinstimmung der zugrundeliegenden fachlichen Konzepte zwischen Fragebogen und Experimentieraufgaben aufweisen und dabei einen hinreichenden Offenheitsgrad besitzen, um eine Varianz im experimentellen Prozess beobachten zu können. Die Hauptstudie des Promotionsprojektes ist im ersten Quartal 2020 geplant.

Literatur

- Büsch, L.; Schöneberg, M.; Heinke, H. (2017): Einblick in Prozesse im Realexperiment: Chancen für Forschung und Lehre. In: Maurer, C. (Hrsg.): Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Zürich 2016.
- Duit, R. (2009): Alltagsvorstellungen und Physiklernen. In: Kircher, E.; Girwitz, R.; Häußler, P. (Hrsg.): Physikdidaktik – Theorie und Praxis (S. 605-630). Berlin: Springer.
- Duit, R.; Tesch, M.; Mikelskis-Seifert, S. (2010): Piko-Brief Nr. 7 – Das Experiment im Physikunterricht. In: Piko-Briefe – Der fachdidaktische Forschungsstand kurzgefasst.
- Fraß, S.; Heinke, H. (2014): Diagnostik experimenteller Fertigkeiten bei optischen Versuchen. In: Bernholt, S. (Hrsg.): Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Bremen 2014 (S. 301–303). Kiel: IPN.
- Kaltakci-Gurel, D.; Eryilmaz, A.; McDermott, L. (2017): Development and application of a four-tier test to assess pre-service physics teachers' misconceptions about geometrical optics, Res. Sci. & Technol. Educ. 35(2), 238 (2017).
- Gropengießer, H. (2008): Qualitative Inhaltsanalyse in der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung. In: Mayring, P.; Gläser-Zikuda, M. (Hrsg.): Die Praxis der Qualitativen Inhaltsanalyse. 2. Auflage. Beltz.