

Steffen Wagner¹
 Burkhard Priemer¹
 Franz Boczianowski¹
 Cedric Linder²

¹Humboldt-Universität zu Berlin
²Universität Uppsala (Schweden)

Analyse des Modellverständnisses Physikstudierender am Beispiel der optischen Brechung

Einleitung

Modelle nehmen in vielen wissenschaftlichen Disziplinen wie etwa in den Natur- und Sozialwissenschaften oder in der Ökonomie einen zentralen Platz ein (Frigg & Hartmann, 2012). Ihre zentrale Rolle beruht darauf, dass sie komplexe Zusammenhänge übersichtlicher und handhabbarer machen. In der Physik sind sie wesentliche Bestandteile der alltäglichen wissenschaftlichen Praxis. Die reduzierte Komplexität von Modellen ermöglicht den Aufbau eines Verständnisses relevanter Eigenschaften und Zusammenhänge eines physikalischen Inhaltsgebietes. Daher haben sie auch für das Lernen von Physik in Schule und Hochschule eine große Bedeutung. Aus dieser Perspektive bedeutet Physiklernen „Modellbildung“ (Kircher, 2009, S. 735). Modelle haben in didaktischer Hinsicht eine Funktion als Bindeglied zwischen alltäglicher oder propädeutischer (Vor-)Erfahrung und eben wissenschaftlicher Praxis, indem sie etwas erklären, voraussagen oder systematisieren (ebd., S. 753 - 757). Die Komplexitätsreduktion oder der „Verkürzungsaspekt“ (Stachowiak, 1973) kann für das Physiklernen jedoch zum Problem werden, wenn beispielsweise dieser reduktive Charakter von Modellen bei der Anwendung an realen und komplexen Phänomenen aus dem Blick gerät. Damit würden Modelle ihre didaktische Bindeglied-Funktion verlieren. Falsche Vorhersagen oder inadäquate Beschreibungen und Erklärungen von Phänomenen wären die Folge. Beispiele dafür lassen sich unter anderem in verschiedenen Abbildungen zur Erklärung der optischen Hebung finden (vgl. Quick & Grebe-Ellis, 2011).

Forschungsinteresse

Unser allgemeines Forschungsinteresse gilt der Frage, welches Verständnis von einem Modell in einem physikalischen Inhaltsgebiet Lernende auf der Basis inhaltstypischer Repräsentationen aufbauen. Als Verständnis wird dabei sowohl die Fähigkeit zur Manipulation innerhalb des Modells als auch die adäquate Verknüpfung des Modells mit realen Phänomenen bezeichnet. Mit inhaltstypischen Repräsentationen sind besonders häufige Abbildungen, Diagramme oder Formulierungen gemeint, wie sie etwa in Lehrbüchern für Schule und Hochschule zu finden sind. Ausgehend von oben genannten Beispielen in der Optik wird das Forschungsinteresse zunächst eingeeengt auf die Frage, welches Verständnis des Strahlenmodells von Licht im Bezug zum Phänomen der optischen Hebung Physikstudierende auf der Basis des Strahlendiagramms entwickeln.

Vorangegangene Untersuchungen

In einem ersten Schritt untersuchte Hüttebräuker (2010) mit Hilfe eines Fragebogens erstens, welches Verständnis des Strahlendiagramms Physikstudierende entwickelt haben und zweitens, ob die Studierende ihr Wissen auf die optische Hebung übertragen können. Drittens sollte eruiert werden, welche unterschiedlichen Verständniskonstrukte sich im Kontext der optischen Brechung anhand des Fragebogens finden lassen. Der Fragebogen enthielt 13 Items auf der Basis verschiedener Abbildungen aus Lehrbüchern (Strahlendiagramme, Fotos, schematische Skizzen). Nach einer Pilotierung wurde das Instrument weltweit bei n=1220 Physikstudierenden mit unterschiedlichem Studienfortschritt eingesetzt.

Eine Reliabilitätsanalyse für alle Items ergab ein Cronbachs Alpha von 0,6988 (Rubow, 2013). Dabei zeigte sich, dass diejenigen Aufgaben, in denen lediglich das Strahlendiagramm manipuliert werden sollte, den Teilnehmern wenig Schwierigkeiten bereitete: Die Lösungshäufigkeiten dieser Aufgaben lag zwischen 63 % und 83 %. Die Übertragung auf Abbildungen zur optischen Hebung fiel dagegen deutlich schwerer. In 7 von 9 Items zu dieser Frage lag die Lösungshäufigkeit bei unter 40 %. Der dritte Untersuchungsschwerpunkt sollte zeigen, ob sich innerhalb des Fragebogens Item-Gruppen bilden, die verschiedenen Verständniskonstrukten entsprechen. Aufgrund der hohen Teilnehmerzahl konnte eine explorative und eine konfirmatorische Faktorenanalyse mit einem Randomly-Split-Half-Verfahren durchgeführt werden. Dabei wurden drei Faktoren sichtbar.

Beschreibung der Faktoren: Brechung, Hebung, Knickung

Im Anschluss erfolgte eine theoriegeleitete Analyse der Aufgabenmerkmale, um die entstandenen Faktoren inhaltlich beschreiben zu können. Dabei wurden sieben Merkmale identifiziert, unter anderem das Aufgabenformat (Multiple Choice, konstruktiv), der Darstellungstyp (Foto, fotorealistisch, logisch, hybrid), das dargestellte Phänomen (Brechung, Hebung, Knickung) oder die enthaltenen Informationen (Objekt/Bild ist gesucht/gegeben). Jedem Item wurden die einzelnen betreffenden Merkmalsausprägungen zugeordnet. Dabei konnte eine vollständige Deckungsgleichheit der Faktoren (nur) mit dem Merkmal „dargestelltes Phänomen“ gefunden werden: Alle Items, in denen nur das Strahlendiagramm manipuliert werden sollte, sind in einem Faktor („Brechung“) gruppiert. Im zweiten Faktor sind solche Aufgaben zu finden, bei denen die scheinbare „Hebung“ eines punktförmigen Gegenstandes, der sich vollständig unter Wasser befindet, im Fokus steht. Im dritten Faktor sind ausschließlich Abbildungen zu finden, auf denen stabförmige Gegenstände, die sich sowohl in Wasser als auch in der Luft – also beiderseits der brechenden Grenzfläche – befinden, „geknickt“ erscheinen. In der Abb. 1 sind fotografische Repräsentationen dieser drei Faktoren dargestellt.



Abb.1: Fotografische Repräsentationen der Brechung (links), Hebung (Mitte) und Knickung (rechts)

Es konnte somit gezeigt werden, dass Schwierigkeiten sowohl beim Transfer von Aufgaben des Strahlenmodells der optischen Brechung zu Aufgaben mit Phänomenen der optischen Hebung als auch beim Transfer zwischen unterschiedlichen Erscheinungsformen des Phänomens der optischen Hebung auftreten.

Qualitative Untersuchung

Durch eine Interviewstudie sollten die Ursachen für diese Probleme genauer beschrieben werden. Dabei steht die Frage im Mittelpunkt, welche Aussagen bezüglich Vollständigkeit und Korrektheit sich in den Erklärungen der Interviewteilnehmer zu verschiedenen Abbildungen desselben physikalischen Inhaltsgebiets finden lassen. Interviewt wurden sechs Physikstudierende des zweiten bis vierten Semesters sowie sechs Experten (Dozenten) aus der Fachphysik und aus der Didaktik der Physik, die einen Erwartungshorizont für mögliche

korrekte und vollständige Erklärungen liefern sollten. Die Teilnehmer erhielten den Auftrag, den gezeigten Inhalt von vier Fotografien erklären, von denen drei in der Abb. 1 zu finden sind. Ein weiteres Foto zeigte einen versetzt erscheinenden Stab bei seitlichem Einblick in ein Aquarium auf Höhe der Grenzschicht zwischen Luft und Wasser, wobei dieser Stab senkrecht in dem Aquarium steht. Es wurde erwartet, dass die Lücken und fachlichen Inkorrektheiten in den Erklärungen Schlussfolgerungen auf die Schwierigkeiten für die Übertragung sowohl auf die Phänomene und als auch zwischen den verschiedenen Erscheinungsformen der Phänomene zulassen werden. Die Auswertung erfolgt derzeit angelehnt an die Qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2010). Analysiert werden das aufgenommene sprachliche Material sowie die von den Interviewteilnehmern angefertigten Skizzen. Es konnten bereits einige Erkenntnisse zutage gefördert werden. So zeigt sich, dass die Erklärung der Brechung eines Laserstrahls kaum Probleme bereitet. Dagegen lassen sich bei der Übertragung auf verwandte Phänomene unvollständige und inkorrekte Erklärungen sowohl bei den Studierenden wie auch bei den Experten finden. Die Hauptschwierigkeiten scheinen ihre Ursachen erstens in der mangelnden Fähigkeit zur mentalen Drehung der einzelnen Abbildungen zu haben, also im Wechsel zwischen der in die Sichtbeziehung eingebundenen Perspektive bei den Fotos der Phänomene und der abgelösten Perspektive im Foto des gebrochenen Laserstrahls (vgl. Müller & Schön, 2009). Eine zweite Ursache lässt sich in der fehlenden Kenntnis über die Regeln zur Bildkonstruktion in der Optik verorten, wie z. B. die Unterscheidung zwischen einem Objekt und seinem (scheinbaren) Bild. Diese Lücken führen auch dazu, dass der Transfer zwischen den verschiedenen Erscheinungen des Phänomens den Studierenden nur schlecht gelingt.

Fazit und Ausblick

Es ist bisher gelungen, zum einen zu zeigen, dass das Manipulieren des Strahlenmodells wenig Probleme bereitet. Des Weiteren konnten am Beispiel der optischen Brechung erste fehlende bzw. fachlich inkorrekte Elemente gefunden werden, die jedoch für das Verständnis des Zusammenhangs von Strahlenmodell und Alltagswelt zentral sind. Im weiteren Verlauf kann nun analysiert werden, inwieweit auf diese Elemente in Lehrbüchern beim Aufbau eines umfassenden Modellverständnisses implizit oder explizit eingegangen wird, woraus wiederum Konsequenzen für eine mögliche Überarbeitung gezogen werden können. Parallel dazu werden weitere Phänomen-Modell-Zusammenhänge auf anderen physikalischen Inhaltsgebieten untersucht, um dort ähnliche Konsequenzen ziehen zu können. Damit soll ein tieferes Verständnis vom und ein leichter Zugang zum physikalischen Modellverständnis geschaffen werden.

Literatur

- Frigg, R. und Hartmann, S., (2012), Models in Science. In E.N. Zalta (Hg.), The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Fall 2012 Edition), URL = <http://plato.stanford.edu/archives/fall2012/entries/models-science/>
- Hüttebräuker, N. (2010), Empirische Untersuchung zum Verständnis ikonischer Repräsentationen am Beispiel der optischen Brechung, Masterarbeit, Ruhr-Universität Bochum
- Kircher, E. (2009). Modellbegriff und Modellbildung in der Physikdidaktik. In E. Kircher, R. Girwidz, P. Häußler (Hg.), Physikdidaktik: Theorie und Praxis, Berlin: Springer
- Mayring, P (2010), Qualitative Inhaltsanalyse, Weinheim: Beltz
- Müller, M. und Schön, L.-H. (2009), „Eingebundene“ versus „abgelöste“ Perspektive – Vorschlag einer Begriffsklärung. In D. Höttecke (Hg.), Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung, GDGP Jahrestagung in Schwäbisch-Gmünd 2008, Münster: LIT, 217-219
- Quick, T. und Grebe-Ellis, J. (2011), Wo wird das Bild einer unter Wasser liegenden Münze gesehen? PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2011
- Rubow, J. (2013), Bildhafte Darstellungen der optischen Brechung – Auswertung einer empirischen Datenerhebung, Masterarbeit, Humboldt-Universität zu Berlin
- Stachowiak, H. (1973), Allgemeine Modelltheorie, Berlin: Springer