

Daniel Römer¹
Jan Winkelmann¹

¹Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd

Explizite Auseinandersetzung mit Idealisierungen beim Physiklernen

Ausgangslage

In der Auseinandersetzung mit physikalischen Erkenntnissen im Rahmen von Theorien, Modellen oder Experimenten sind Idealisierungen stets enthalten und grundlegend. Sei es in der (mathematischen) Formulierung von Gesetzmäßigkeiten, den Gültigkeitsbereichen von Modellen oder der Vor- und Aufbereitung von Messdaten in Experimenten. *Idealisieren* soll hier als die Zerlegung von Systemen und Vernachlässigung der als nebensächlich beurteilten Eigenschaften definiert werden (Nowak & Nowak, 1998). Auch die bewusste Akzeptanz von verfälschenden Annahmen ist Teil des Idealisierungsprozesses (Hüttemann, 2012; Strevens, 2017).

Es ist bereits aus verschiedenen Kontexten bekannt, dass wichtige Teile des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses explizit in den Unterricht eingebaut sein sollten und dies nicht nur als Bedingung für das Lernen *über* Naturwissenschaften betrachtet wird (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002; Clough, 2006), sondern generell als Merkmal guten Physikunterrichtes gilt (Höttecke & Schecker, 2021). Auch bei der Instruktion von Schüler*innen beim Experimentieren (Vorholzer, 2016) oder beim Lernen über das Modellieren als meta-theoretisches Konzept wird eine explizite Auseinandersetzung als notwendig und hilfreich angesehen (Gilbert & Boulter, 2000; Harrison & Treagust, 2000; Khine & Saleh, 2011). Dass vor allem Modellen eine idealisierte Betrachtungsweise zu Grunde liegt, findet in den Bildungsstandards Erwähnung (KMK, 2020). Eine weiterführende Reflexion zugrundeliegender Idealisierungen in themenspezifischen Kontexten bleibt jedoch aus oder findet in der unterrichtlichen Praxis häufig nur implizit statt. Vor allem in der Arbeit mit Modellen entstehen bei Schüler*innen Verständnisschwierigkeiten (Winkelmann et al., 2021).

Um fachliches Verständnis entwickeln zu können, werden in den Naturwissenschaften häufig Modelle verwendet. Grundlage von Modellen sind Idealisierungen. Wenn also diese Grundlage – die Idealisierungen – falsch verstanden wird, kann dies zu alternativen fachlichen Konzepten führen. Eine explizite Auseinandersetzung mit Idealisierungen kann zudem dazu beitragen, epistemologische Vorstellungen über den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess zu fördern. Da eine isolierte Auseinandersetzung mit Idealisierungen sehr theoretisch und abstrakt ist, erscheint eine explizite Auseinandersetzung an konkreten physikalischen Inhalten gewinnbringend.

Zielsetzung

Diesen Vermutungen soll an Hand von Erklärungen zu Abbildungsprozessen an Linsen im Rahmen der geometrischen Optik exemplarisch nachgegangen werden. Für die geometrische Optik an sich wird ein idealisierter Geltungsraum angenommen, in dem sich Licht geradlinig – als Lichtstrahl – ausbreitet. Ein wichtiger Bestandteil für das Verständnis von Abbildungsprozessen an Linsen ist die Idealisierung der Mittelebene. Mit ihr und mit der Hilfe von außerordentlichen Lichtwegen können Vorhersagen zu Lage und Ort der Abbildung getroffen

werden. In der Auseinandersetzung mit Abbildungsprozessen kommt es oft zu Verständnisschwierigkeiten und alternativen Vorstellungen (Schecker et al., 2018), beispielsweise wenn Lernende mit teilweise abgedeckten Linsen konfrontiert werden (Abb. 1) und ihr Verständnis von der Bildentstehung nicht mehr mit der gegebenen Problemstellung übereinstimmt.

Aus den dargestellten Vermutungen und den Indikationen aus der Literatur resultiert die folgende Forschungsfrage: Fördert die explizite Auseinandersetzung mit Idealisierungen in physikalischen Erklärungen naturwissenschaftlicher Phänomene die Entwicklung adäquater Konzepte von Lernenden?



Abbildung 1: Darstellung der halb abgedeckten Linse und des sichtbaren Bildes am Schirm.

Studiendesign

Für die Untersuchung dieser Fragestellung wurde eine Online-Umgebung entworfen, in der zwei verschiedene Treatments in Form von text- und bildbasierten Erklärungsbegegnungen stattfinden. Beide Treatments unterscheiden sich lediglich in der Art der Auseinandersetzung mit Idealisierungen. In einen Fall nutzt die Erklärung Idealisierungen implizit im Rahmen der Arbeit mit Modellen, im anderen Fall werden Idealisierungen explizit betont. Die Umsetzung in einer Online-Umgebung ermöglicht eine vergleichbare Gestaltung der Erklärungen, um Verzerrungen durch Neuigkeits- und Motivationseffekte zu minimieren. Die Realisierung in SoSci-Surveys (www.soscisurvey.de) ermöglicht außerdem die Speicherung der individuellen Bearbeitungszeiten der jeweiligen Themenabschnitte. Neben der Möglichkeit, nicht sinnvoll bearbeitete Erhebungen identifizieren und ausschließen zu können, kann die Analyse der Bearbeitungszeiten Hinweise auf besonders schwierige (Themen-)Abschnitte geben.

Die inhaltliche Struktur beider Erklärungsbegegnungen ist identisch aufgebaut (Abb. 2). Begonnen wird mit der Präsentation eines (vermutlich) neuen Phänomens (teilweise abgedeckte Linse; Abb. 1) als Motivation, gefolgt von einer dreigeteilten Erklärung. Über einen Einstieg zur Erkenntnisgewinnung und den Grundlagen der Optik wird die Konstruktion von außerordentlichen Lichtwegen und der Mittelebene erarbeitet.

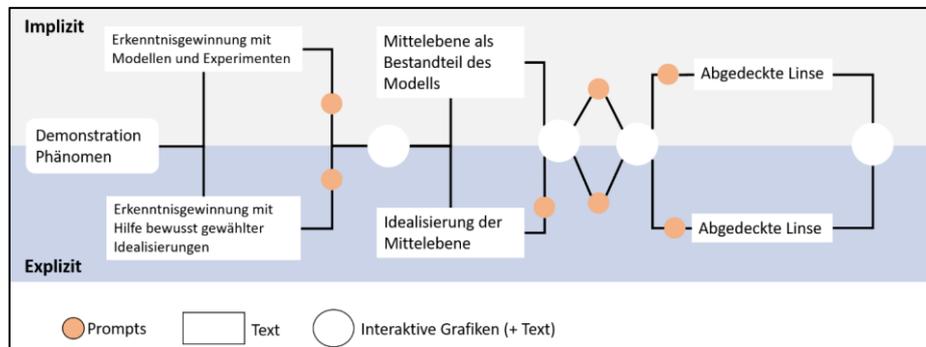


Abbildung 2: Schematische Darstellung der inhaltlichen Struktur der Erklärungsbegegnungen.

Abschließend wird Bezug auf das zu Beginn präsentierte Phänomen genommen. Im Laufe der Erklärungen werden Betonungen in Form von optisch hervorgehobenen Hinweiskästen eingebaut. Die Erklärungen werden in jedem Abschnitt mit interaktiven Grafiken unterstützt. In Abbildung 2 ist zu sehen, dass beide Erklärungsbegegnungen dieselben interaktiven Grafiken verwenden, um die Vergleichbarkeit beider Treatments zu verstärken. Des Weiteren wurden die Erklärungen basierend auf anerkannten Gütekriterien (Wittwer & Renkl, 2008; Kulgemeyer, 2018) entwickelt. Diese umfassen neben der fachlichen Vollständigkeit und Richtigkeit auch die Verständlichkeit und Aktivierung der Lernenden, welche durch Prompts und interaktive Grafiken umgesetzt werden sollte. Damit eine explizite Auseinandersetzung nicht in einer erhöhten Anzahl an Lerngelegenheiten resultiert, wurde in diesem Zuge auch großer Wert auf eine Gleichwertigkeit in der Qualität und dem Umfang der Lerngelegenheiten beider Erklärungen gelegt.

Evaluation der Erklärungsbegegnungen

Die entwickelten Erklärungsbegegnungen wurden durch Expert*innen (N=7) mit fachlichem bzw. fachdidaktischem Hintergrund evaluiert. Die im Expert*innenrating genutzten Fragen orientierten sich streng an den erwähnten Gütekriterien. Im Ergebnis wurden beide Treatments als vergleichbar angesehen. Selbst bei vereinzelter Kritik an der Notwendigkeit der Auseinandersetzung mit Idealisierungen wurden die Treatments dennoch hinsichtlich ihrer fachlichen Korrektheit und Vollständigkeit als gleichwertig bewertet. Die Auseinandersetzung mit den zugrunde liegenden Idealisierungen im Rahmen der dargebotenen Erklärungen wurde mehrheitlich als gewinnbringend und hilfreich für Lernende eingeschätzt. Auch die Einschätzung der Adressatenpassung (die Erklärungen sollen von Lernenden der Sekundarstufe I genutzt werden können) deutet auf eine angemessene Komplexität der Erklärungsbegegnungen hin.

Ausblick

Als Diagnoseinstrument zur Wirkung der Treatments wurde parallel zu den Erklärungsbegegnungen ein Schülervorstellungstest zu Abbildungen an Linsen in Anlehnung an Teichrow und Erb (2019) entwickelt, dessen Evaluation derzeit noch läuft. Für den Winter 2022/23 ist eine Intervention mit Schüler*innen der Sekundarstufe I vorgesehen.

Literatur

- Gilbert, J. (2004). Models and modeling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2, 115–130.
- Gilbert, J. K., & Boulter, C. J. (Hrsg.) (2000). *Developing Models in Science Education*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-010-0876-1>
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22, 9, 1011–1026. <https://doi.org/10.1080/095006900416884>
- Hüttemann, A. (2012). *Idealisierungen und das Ziel der Physik: Eine Untersuchung zum Realismus, Empirismus und Konstruktivismus in der Wissenschaftstheorie*. Berlin, Boston: De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110811896>
- Khine, M. S., & Saleh, I. M. (Hrsg.) (2011). *Models and Modeling*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-0449-7>
- [KMK] Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland; Humboldt-Universität zu Berlin (2020): *Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020*. 1. Auflage. Köln: Carl Link Verlag. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Physik.pdf
- Kulgemeyer, C. (2018). Towards a framework for effective instructional explanations in science teaching, *Studies in Science Education*, 54, 2, 109-139. <https://doi.org/10.1080/03057267.2018.1598054>
- Nowak, I., & Nowak, L. (1998). “Model(s)” and “Experiment(s) as Homogeneous Families of Notions. In N. Shanks & J. Brzeziński (Hrsg.), *Idealization in contemporary physics* (S. 35–50). Amsterdam: Rodopi.
- Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M. & Duit, R. (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-57270-2>
- Strevens, M. (2017). How Idealizations Provide Understanding. In S. R. Grimm, C. Baumberger, & S. Ammon (Hrsg.), *Explaining understanding: new perspectives from epistemology and philosophy of science* (S. 37–39). New York; London: Routledge, Taylor & Francis Group.
- Höttecke, D., & Schecker, H. (2021). Unterrichtskonzeptionen für Nature of Science (NOS). In Herausgeber noch ergänzen *Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht* (S. 401–433). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-63053-2_13
- Teichrow, A., Erb, R. (2019). Entwicklung und Evaluation eines zweistufigen Testinstruments für Schülervorstellungen zur Anfangsoptik. In V. Nordmeier & H. Grötzebauch (Hrsg.). *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Aachen 2019*. Berlin. 386 S. 219-226. <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/953/1077>
- Vorholzer, A. (2016). *Wie lassen sich Kompetenzen des experimentellen Denkens und Arbeitens fördern?: Eine empirische Untersuchung der Wirkung eines expliziten und eines impliziten Instruktionsansatzes*. Logos Verlag Berlin.
- Vorholzer, A., von Aufschnaiter, C. & Boone, W.J. (2020). Fostering Upper Secondary Students’ Ability to Engage in Practices of Scientific Investigation: a Comparative Analysis of an Explicit and an Implicit Instructional Approach. *Res Sci Educ* 50, 333–359. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9691-1>
- Winkelmann, J., Freese, M., & Strömmer, T. (2022). Schwierigkeitserzeugende Merkmale des Physikunterrichts – die Perspektive von Schüler*innen. *Progress in Science Education*. (5)2, 6-23, (online first, 2021). <https://doi.org/10.25321/prise.2022.1168>
- Wittwer, J., & Renkl, A. (2008). Why Instructional Explanations Often Do Not Work: A Framework for Understanding the Effectiveness of Instructional Explanations. *Educational Psychologist* 43, 1, S. 49–64). Informa UK Limited. <https://doi.org/10.1080/00461520701756420>