

Naturwissenschaftliches Forschen im Anfangsunterricht zur Elektrizitätslehre (Sek. I)

Einleitung. Ausdrückliches Ziel naturwissenschaftlicher Bildung ist es u.a. sich mit „spezifischen Methoden der [naturwissenschaftlichen] Erkenntnisgewinnung und deren Grenzen auseinander zu setzen“ (KMK, 2004). Der Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung* verankert dieses Ziel in den Kernlehrplänen. Dennoch zeigen Studien, dass Schülervorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften und zur naturwissenschaftlichen Arbeitsweise eher undifferenziert sind und eine „starke Tendenz zu einem naiven Realismus“ aufweisen (Höttecke & Hopf, 2018).

Von dieser Problemlage ausgehend entwickeln wir ein hybrides Lernarrangement für den Physikunterricht der Sekundarstufe I mit der zyklischen Vorgehensweise des *Design-Based Research* (McKenney & Reeves, 2012). In diesem Beitrag stellen wir unseren Ansatz und die qualitative Studie des ersten Zyklus dar. Wir konnten zeigen, dass unser Ansatz sowohl im Distanz- wie auch Präsenzunterricht einsetzbar ist und Weiterentwicklungsempfehlungen identifizieren, die den weiteren Verlauf des Projekts anleiten.

Modelle. Ein zentrales Element naturwissenschaftlichen Arbeitens stellen Modelle dar (Meisert, 2008; Suppe, 2000). Bezüglich der Frage, was naturwissenschaftliche Modelle sind, unterscheiden Frigg & Hartmann (2020) drei Arten bzw. Betrachtungsweisen: materielle Objekte, „fictional“ oder abstrakte Objekte, Beschreibungen und Gleichungen. Wir beziehen uns im Weiteren insb. auf Modelle als abstrakte Objekte: in dieser Sichtweise sind Modelle abstrakte Objekte oder Vorstellungen, die von einem oder mehreren Menschen erdacht wurden mit dem Zweck ein Phänomen der Natur verstehbar abzubilden. I.d.R. erfolgt hierzu eine Vereinfachung oder Fokussierung. Die Eigenschaften solcher Modelle können präzise, insb. auch mathematisch, beschrieben werden. Naturwissenschaften erstellen Modelle und überprüfen deren Zusammenhang mit der Natur typischerweise durch Experimente, wobei einer Verifikation jedoch ausgeschlossen ist.

Ziel war es den Charakter von Modellen als funktionale, aber auch begrenzte und von Menschen konstruierte Vorstellungen über die Natur zu verdeutlichen, mithilfe derer beobachtbare Phänomene beschrieben und erklärt werden können. Hiermit sollte der häufigen Schülervorstellung einer fertigen, in der Natur gefundenen Wahrheit begegnet werden. Hierzu wurde ein Inhaltsfeld gesucht, zu dem es mehrere für die Lernenden zugängliche Modelle gibt. Als besonders geeignet hat sich hierzu das Inhaltsfeld zu Stromkreisen gezeigt, da es hierzu mehrere Modelle gibt, u.a. das offene *Wasserkreismodell*, das *Fahrradkettenmodell* und das *Luftdruckmodell* von Burde (2018).

Didaktischer Ansatz. Während verschiedene Autoren auf die Bedeutung eines expliziten Unterrichts zur Thematik *Nature of Science* (NOS) hinweisen, gibt es verschiedene Auffassungen dazu, wie genau ein „expliziter Unterricht“ zu NOS gestaltet sein soll. Lederman & Lederman (2019) argumentieren, dass zur Entwicklung eines „informed views of [Nature of Science Knowledge]“ ein implizites Ausführen von Forschungstätigkeiten durch

die Lernenden nicht ausreiche, sondern eine explizite Thematisierung von NOS-Aspekten durch Diskussionen und Reflexionen der Lernenden nötig sei. Diese Aussage belegen sie mit Studien, die die Ergebnisse mehrerer empirischer Studien zusammenfassen.

Duschl & Grandy (2013) kritisieren Ledermans Ansatz des expliziten Unterrichts u.a. als „teachers presenting ‘Consensus-based Heuristic Principles’ in science lessons and activities“ und setzten diesem Konzept eine „Version 2“ entgegen. Diese verfolgt das Ziel von „students being immersed in the cognitive, epistemic and social enactments and practices of science that involve building and refining questions, measurements, representations, models and explanations“. Im Zentrum des Unterrichts steht hier ein „doing science“, in das die Lernenden eintauchen und so naturwissenschaftliche Praktiken erlernen sollen. Gleichwohl sehen wir hierbei Ledermans empirisch belegten Einwand als berechtigt, dass die Lernenden ohne eine explizite Reflexion der Forschungstätigkeiten kaum differenziertes Metawissen über diese Forschungstätigkeit erlangen können.

Unser Ansatz ist es deshalb die beiden Konzepte von Lederman und Koautoren einerseits und Duschl und Grandy andererseits in einem zweiphasigen Modell zu kombinieren.

In einem ersten Teil der Lernumgebung werden die Begriffe *Phänomen*, *Modell*, *Prognose*, *Experiment* und deren Zusammenhang am Beispiel des *Fahrradkettenmodells* auf einer Metaebene eingeführt und reflektiert. In einem zweiten Teil werden die Lernenden angeleitet, diese Begriffe und die damit verbundene Forschungstätigkeit selber anhand verschiedener Modelle zu elektrischen Stromkreisen anzuwenden. Der erste Teil entspricht damit eher einer expliziten Reflexion nach Lederman (wenn auch vor statt nach dem Forschen), der zweite einem „doing science“ im Sinne von Duschl und Grandy, bzw. einem forschend-entdeckenden Unterricht. Damit erfüllt dieses Lernarrangement auch Grundgedanken der Lerntheorie des *Deep Learning*, bei dem „auf eine Phase der anspruchsvollen Wissensvermittlung [...] eine Phase der ko-konstruktiven Verarbeitung des Wissens“ folgt (Sliwka, 2018, S. 87).

Um das **Lernarrangement** außerdem skalierbar und auch in der Corona-Situation gut nutzbar zu gestalten und technische Möglichkeiten wie den Einsatz interaktiver Aufgaben und Lernvideos zu nutzen, wurde eine digitale Lernplattform als Homepage gestaltet. Um gleichzeitig ein Experimentieren mit realem, alltagsnahen Experimentiermaterial zu ermöglichen, wurden Experimentiersets mit Lämpchen, Kabeln mit Krokodilklemmen, Batterien u.a. zusammengestellt und den Lernenden im Klassenraum oder im Distanzunterricht zuhause zur Verfügung gestellt. In diesem hybriden Lernarrangement arbeiten die Lernenden zu zweit als Forschungsgruppe. Da jede Zweiergruppe in ihrem eigenen Lerntempo arbeiten kann und im zweiten Teil der Lernumgebung einen individuellen Lernpfad beim Testen der Modelle wählt, kommt den Lernenden bei dieser Unterrichtsgestaltung ein hohes Maß an Eigenverantwortung für ihren Lernprozess zu.

Evaluation. In dem nun abgeschlossenen ersten Zyklus der Evaluation unserer Lernumgebung haben wir diese an zwei Gymnasien in NRW in drei Klassen (2x 7. Klasse, 1x 6. Klasse), im Physikunterricht im Rahmen des Inhaltsfelds zwei „Elektrischer Strom und Magnetismus“ erprobt. Der Zeitrahmen betrug jeweils vier wöchentlich aufeinanderfolgende Doppelstunden im April bis Juni 2021. Aufgrund der sich in diesem Zeitraum rasch ändernden Corona-Situation wurde die Lernumgebung sowohl in Distanz- als auch Wechsel- und Präsenzunterricht erprobt. Von den 89 Schülerinnen und Schülern, die die Lernumgebung erprobten, konnten von 70 Lernenden Daten zur Auswertung erhoben werden.

Um die **Vorstellungen** der Lernenden zu den Begriffen „Modell“ und „Experiment“ im Kontext naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung sowie deren Veränderung durch das Lernarrangement qualitativ zu erheben, wurden den Lernenden mit der App „Biparcours“ jeweils vor und nach der Intervention Fragen zu ihrem Verständnis dieser Begriffe gestellt und die Lernenden sollten ihre Antworten als Sprachaufzeichnung aufnehmen („Spoken Questionnaires“). Diese Daten wurden durch zehn leitfadengestützte Interviews mit Lernenden nach der Intervention ergänzt. Alle Audiodateien wurden transkribiert und mit einer inhaltlich-strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2018) ausgewertet. Ergebnisse: (1) Bei einem Großteil der Lernenden lag vor der Intervention ein naiv-realistisches Wissenschafts- und Modellverständnis vor. Dies ist konsistent mit der Darstellung von Höttecke & Hopf (2018). (2) Im Vergleich zum Pretest beschreiben nach der Intervention im Posttest weniger Schüler:innen ein Modell als einen materiellen Gegenstand und mehr Schüler:innen, dass naturwissenschaftliche Modelle durch Experimente überprüft werden. Dieses Ergebnis deuten wir als Erfolg unseres Lernarrangements und es motiviert weitere Entwicklungszyklen. (3) Insbesondere einige leistungsschwächere Schüler:innen verharren in naiven Vorstellungen zu naturwissenschaftlichen Modellen was die Notwendigkeit weiterer Entwicklungen unseres Lernarrangements motiviert.

Um das **Handeln** der Lernenden im Lernarrangement zu evaluieren, wurde der Unterricht beobachtet, es wurden die Eingaben und Bearbeitungszeiten der Lernenden in der digitalen Lernumgebung ausgewertet und die Aufzeichnungen der Lernenden in ihrem normalen, analogen Heft ausgewertet. Wir konnten zusammenfassend feststellen, dass die eher angeleiteten Aufgaben in dem „expliziten“ Teil A der Lernumgebung von dem meisten Schüler:innen sorgfältig und der Aufgabenstellung entsprechend bearbeitet wurden. Im eigenständigeren Teil B der Lernumgebung konnte jedoch eine überwiegend oberflächliche, wenig strukturierte Bearbeitungsweise festgestellt werden. Unter Berücksichtigung der Rückmeldungen von Lernenden und Lehrkräften führen wir dies auf einen hohen kognitiven Anspruch dieses bewusst offener gestalteten Teils zurück, der für viele Schüler:innen offenbar zu wenig angeleitet war. Im nächsten Zyklus des Projekts werden wir auch zu diesem Teil ausführlichere und stärker vorstrukturierte Anleitung anbieten.

Außerdem wurden strukturiert die **Rückmeldungen** zum Lernarrangement von den Lernenden und den beiden beteiligten Lehrkräften erhoben. Die vielen positiven Rückmeldungen bezogen sich insb. auf das eigenständige Arbeiten in der digitalen Lernumgebung mit den iPads. In den weiteren Evaluationszyklen ist insb. darauf zu achten, inwieweit dieser als motivierend wahrgenommene Aspekt als *Novelty-Effekt* (Tsay, Kofinas, Trivedi, & Yang, 2020) einzustufen ist, der mit der Zeit abklingt. Das Lernen mit den integrierten Online-Erklärvideos wurde als ansprechend wahrgenommen. Beide Lehrkräfte betonten, dass sie die Lernumgebung auch erneut verwenden möchten. Teils haben sie sich darin mehr Anleitung der Lernenden gewünscht, sowie eine verstärkte Ergebnissicherung außerhalb der Lernumgebung, z.B. klassisch in einem Heft aus Papier. Weiterhin wurden bei den Lehrkräften Möglichkeiten gesehen auch einzelne Seiten der Lernumgebung, z.B. zu einzelnen Modellen oder überprüfenden Experimenten dazu, in den Unterricht zu integrieren.

Wir danken den beteiligten Lehrerinnen und Klassen herzlich für ihre Unterstützung!

Literatur

- Burde, J.-P. (2018). *Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells*. <https://doi.org/10.30819/4726>
- Duschl, R. A., & Grandy, R. (2013). Two Views About Explicitly Teaching Nature of Science. *Science and Education*, 22(9), 2109–2139. <https://doi.org/10.1007/s11191-012-9539-4>
- Frigg, R., & Hartmann, S. (2020). Models in Science. In *Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Spring 2020). <https://doi.org/10.1145/544317.544327>
- Höttecke, D., & Hopf, M. (2018). Schülervorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf, & R. Duit (Eds.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht* (pp. 271–287). Berlin: Springer.
- KMK (Kultusministerkonferenz) (2004). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss*.
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (4th ed.). Weinheim Basel: Beltz Juventa.
- Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2019). Teaching and learning nature of scientific knowledge: Is it Déjà vu all over again? *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0002-0>
- McKenney, S., & Reeves, T. C. (2012). Conducting Educational Design Research. In S. McKenney & T. C. Reeves (Eds.), *Conducting Educational Design Research*. <https://doi.org/10.4324/9781315105642>
- Meisert, A. (2008). Vom Modellwissen zum Modellverständnis – Elemente einer umfassenden Modellkompetenz und deren Fundierung durch lernerseitige Kriterien zur Klassifikation von Modellen. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, 14, 243–261.
- Sliwka, A. (2018). *Pädagogik der Jugendphase*. Weinheim Basel: Beltz.
- Suppe, F. (2000). Understanding Scientific Theories : An Assessment of Developments, 1969-1998. *Philosophy of Science*, 67, 102–115.
- Tsay, C. H. H., Kofinas, A. K., Trivedi, S. K., & Yang, Y. (2020). Overcoming the novelty effect in online gamified learning systems: An empirical evaluation of student engagement and performance. *Journal of Computer Assisted Learning*, 36(2), 128–146. <https://doi.org/10.1111/jcal.12385>