

Annika Sophie Krüger¹
Stefan Rumann¹
Marc Rodemer¹

¹Universität Duisburg-Essen

Förderung von Modellverständnis im Sachunterricht mit verschiedenen Lernformen

Einleitung und theoretischer Hintergrund

Deutschlandweit sind Lehr-Lern-Labore mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt für die Grundschule nur vereinzelt verbreitet. In diesem Projekt wurde daher ein außerschulischer Labortag zum curricular verankerten Thema "Wasser und Wasserkreislauf" für Drittklässler*innen entwickelt. Hier können Schüler*innen naturwissenschaftliche Experimente selbstständig und im Klassenverband durchführen. Dies ist eine Möglichkeit, Schüler*innen das Experimentieren zu ermöglichen, da Lehrkräfte in ihrem Unterricht eher selten praktisch experimentieren und arbeiten (Gottwald, 2016). Dabei kann zudem der Förderung des Modellverständnisses eine entscheidende Rolle zugeschrieben werden. Das Modellverständnis ist bei den meisten Schüler*innen eher naiv ausgeprägt (Grünkorn et al., 2014). Besonders junge Schüler*innen haben Probleme, die Aggregatzustände und die zugrundeliegenden Prozesse des Wasserkreislaufs in einem geeigneten Modell zu erfassen (Gogolin & Krüger, 2018). Im Unterricht werden, trotz der bereits angebrachten Argumente, Modelle oft nur zu Anschauungszwecken verwendet (Krell et al., 2013) und das, obwohl die Nützlichkeit des Modellierens weithin anerkannt ist (Louca et al., 2011; Schwarz & Gwekwerere, 2007). Problematisch ist, dass Schüler*innen so mit Materialien konfrontiert werden, die implizit Modellverständnis erfordern, obwohl eine explizite Förderung nötig wäre (Gogolin & Krüger, 2018; Upmeyer zu Belzen & Krüger, 2019). Es wird daher argumentiert, dass zum Erreichen eines umfassenden Modellverständnisses in der Grundschulbildung ein breit gefächertes Zugang zum Thema gewählt werden sollte (Louca et al., 2011).

Insgesamt gibt es bisher wenig Forschung zu geeigneten Lernsettings, die das Modellverständnis im Grundschulalter fördern. Es ist bekannt, dass instruktive Lernsettings effektives Lernen fördern und die kognitive Belastung reduzieren (Große & Renkl, 2014; Sweller et al., 2011). In diesem Zusammenhang besagt die Cognitive-Load-Theorie, dass alle für das Lernen relevanten Informationen bereitgestellt werden sollten, um eine kognitive Überlastung zu vermeiden (Kirschner et al. 2006; Sweller et al., 2011). Es wird jedoch kritisiert, dass die Bereitstellung aller relevanten Informationen zu sogenanntem "trägem" Wissen führen kann, das in Transferaufgaben oder neuen Problemkontexten nicht angewendet werden kann (Renkl et al., 1996). Ein weiteres vielversprechendes Lernsetting für kognitive Aktivierung, das bisher kaum systematisch untersucht wurde, ist das Lernen aus Fehlern (für einen Überblick siehe Metcalfe, 2017). Hier werden die Lernenden aufgefordert, Fehler im Lernmaterial zu erkennen und zu begründen, warum die Darstellungen falsch sind. Theoretisch führt das Nachdenken über Fehler zu einem besseren Verständnis, da das Bewusstsein für falsche Alternativen im Gegensatz zur richtigen Lösung geschärft wird (Oser et al., 2012). Obwohl das Lernen aus Fehlern ein Ansatz ist, der in der Bildungsforschung bislang wenig Beachtung gefunden hat, weisen einige Studien auf seine Wirksamkeit für langfristiges Lernen und den Transfer auf neue Problemkontexte hin (Booth et al., 2013;

Große & Renkl, 2007). Ziel der hier vorgestellten Studie ist daher die Untersuchung der Effektivität des Lernens aus Fehlern im Kontext des Modellverständnisses zum Thema „Wasser und Wasserkreislauf“.

Ziele und Forschungsfrage

Das Hauptziel ist es zu untersuchen, welchen Einfluss das Lernen aus Fehlern auf den Lernzuwachs der Schüler*innen im Vergleich zur Kontrollgruppe hat. Da für diese Untersuchung kein geeignetes Testinstrument zur Verfügung steht, wurde ein Test zum Fachwissen und Modellverständnis entwickelt. Insgesamt wird das Projekt von folgender Forschungsfrage geleitet:

FF: Inwiefern beeinflusst das Lernen aus Fehlern den Lernzuwachs im Vergleich zur Kontrollgruppe ohne vorherige Fehlersuche?

Auf Grundlage der Literatur erwarten wir in beiden vorgestellten Lernsettings einen Lernzuwachs. Die Schüler*innen der „Fehler-Suche“-Lerngruppe sollten jedoch im langfristigen Lernen bessere Ergebnisse erzielen.

Methode und Design

Um die Forschungsfrage zu beantworten, wurde im Juni 2022 eine Pilotierungsstudie mit vier Klassen von zwei verschiedenen Grundschulen durchgeführt. An dieser Studie haben $N = 100$ Schüler*innen der dritten Klasse im Rahmen des Projekttags zum Thema „Wasser und Wasserkreislauf“ teilgenommen. Insgesamt wurden von den Schüler*innen selbstständig sieben verschiedene Experimente durchgeführt, welche sich mit den Aggregatzuständen und ihren Änderungen sowie den Prozessen des Wasserkreislaufs beschäftigten. Der neu konzipierte Fachwissenstest wurde den Experimenten vorgeschaltet. Der Test beinhaltet Fragen zum Fachwissen und Fragen, die implizit Rückschlüsse auf das Modellverständnis in Bezug auf den Wasserkreislauf und die Aggregatzustandsänderungen zulassen. Der Test setzt sich aus 44 Single-Select Items zusammen, die auf 11 übergeordnete Fragen aufgeteilt wurden. Für jedes Item sollen die Schüler*innen entscheiden, ob dieses im Bezug auf die Frage richtig oder falsch ist. Wenn sie noch über kein Wissen über dieses Thema verfügen, kreuzen sie „Ich weiß nicht“ an. Es wurde eine Rasch-Analyse durchgeführt und die Item-Reliabilität überprüft.

Im Rahmen eines quantitativen Prä-/Post-Designs wird der überarbeitete Test der Pilotierung verwendet. Von Oktober 2022 bis März 2023 wird der Projekttag mit mehreren Klassen durchgeführt.

Der Prä-Test findet in der Schule statt, während der Post-Test im Lehr-Lern-Labor in der Universität Duisburg-Essen stattfindet. Der Projekttag ist in drei Phasen gegliedert: 1.) in die Einführungsphase, in der das Thema kontextualisiert wird und Phänomene des Wasserkreislaufs problematisiert werden, 2.) in die Experimentierphase, in der die Schüler*innen in Kleingruppen, mithilfe einzelner Experimente, das Wissen zu den zuvor gestellten Fragen erarbeiten, und 3.) in die Schlussphase, in der die Schüler*innen ihre Beobachtungen aus den Experimenten in ein umfassendes Schaubild des Wasserkreislaufs integrieren. In dieser dritten Phase werden die Schüler*innen nach dem Zufallsprinzip einer von zwei Gruppen zugewiesen. Während die Schüler*innen in der „Kontrollgruppe“ ein vollständiges und korrektes Modell erhalten, erhalten die Schüler*innen aus der „Fehler-Suche“-Gruppe die Aufgabe, einen gezielt eingebauten Fehler zu erkennen, zu markieren und

zu korrigieren. Zur Sicherung der Beobachtungen werden an den einzelnen Stationen passende Arbeitsblätter eingesetzt und das Modell abschließend einmal mit den Schülerinnen und Schülern gemeinsam besprochen.

Ergebnisse und Analysen

Im Folgenden werden erste Ergebnisse für die Qualität des erstellten Testinstruments vorgestellt. Für die Analyse wurden die Daten dichotomisiert. Dafür wurde jede richtige Antwort mit 1 und jede falsche Antwort mit 0 kodiert. Die Option „Ich weiß nicht“ wurde wie eine falsche Antwort behandelt und daher ebenfalls mit 0 kodiert. Um die Qualität des Testinstruments zu bewerten, wurde eine Rasch-Analyse durchgeführt. Die Parameter der einzelnen Antwortmöglichkeiten liegen im akzeptablen Bereich ($.79 \leq wMNSQ \leq 1.36$; $-2.00 \leq t\text{-Wert} \leq 2,22$) (Wright et al., 1994). Die Item- und Personen- Reliabilität von .76 und .60 liegen in einem guten bis „fragwürdigen“ Bereich. Die Items decken eine Aufgabenschwierigkeit von -3,52 bis 2,22 Logits ab. Die Personenparameter reichen von -1,80 bis 2,16 Logits. Es wird deutlich, dass eine ausreichende Anzahl an Items vorhanden ist, um zwischen Probanden mit einer niedrigen bis mittleren Personenfähigkeit unterscheiden zu können (-4 bis 1 Logit). Bei einer höheren Personenfähigkeit (1 bis 1,25 Logit) ist eine zuverlässige Unterscheidung jedoch nicht mehr möglich. Bis auf eine kleine Lücke bei 1,5 Logit weist die erstellte Wright Map keine Lücken in der Verteilung der Itemschwierigkeiten auf. Somit sind die entwickelten Items dazu in der Lage, die Personenfähigkeiten in der aktuellen Stichprobe abbilden können. Für die Hauptstudie wird dieser Test angepasst, um den leichten Deckeneffekt zu beseitigen, die Lücken zu schließen und die Reliabilität zu erhöhen. Es werden schwierigere Items entwickelt, um eine höhere Differenzierung für höhere Personenfähigkeiten zu erreichen.

Diskussion und Ausblick

In diesem Projekt wird ein außerschulischer Labortag zum Thema „Wasser und Wasserkreislauf“ etabliert und mit vier Grundschulklassen erprobt. Während die meisten außerschulischen Labore ältere Schüler*innen ansprechen, konnten wir bislang zeigen, dass eine solche außerschulische Aktivität auch für Drittklässler*innen (9 Jahre) geeignet ist. Der entwickelte Test misst in ausreichendem Maße das Vorwissen von Drittklässler*innen zum Thema „Wasser und Wasserkreislauf“. Für die Hauptstudie werden Anpassungen vorgenommen. Darauf aufbauend wird der Test genutzt, um Rückschlüsse auf den Wissenszuwachs durch das Modellverständnis ziehen zu können. Die Ergebnisse der Hauptstudie werden sich speziell mit dem Bereich "Lernen aus Fehlern" beschäftigen. Besonders in der Grundschule bieten diese Erkenntnisse eine Chance, einen neuen Lernansatz zu integrieren. Das Ziel ist es somit, den Schülerinnen und Schülern einen wirksamen Lernansatz bieten zu können und diesen in den Regelunterricht der Grundschule zu integrieren.

Literatur

- Gogolin, S., & Krüger, D. (2018). Students' understanding of the nature and purpose of models. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(9), 1313–1338. <https://doi.org/10.1002/tea.21453>
- Gottwald, A. (2016). Der Untersuchungsgegenstand: Ausgangslage und theoretische Grundlagen. In *Sprachförderndes Experimentieren im Sachunterricht*, 27–84. Springer VS.
- Große, C. S., & Renkl, A. (2007). Finding and fixing errors in worked examples: Can this foster learning outcomes? *Learning and Instruction*, 17(6), 612–634. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.09.008>
- Grünkorn, J., Belzen, A. U. zu, & Krüger, D. (2014). Assessing Students' Understandings of Biological Models and their Use in Science to Evaluate a Theoretical Framework. *International Journal of Science Education*, 36(10), 1651–1684. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.873155>
- Haupt, O. J., Domjahn, J., Martin, U., Skiebe-Corrette, P., Vorst, S., Zehren, W., & Hempelmann, R. (2013). Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung. *Der Mathematische Und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 6(66), 324–330.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86. https://doi.org/10.1207/s15326985sep4102_1
- Krell, M., Upmeyer zu Belzen, A., & Krüger, D. (2013). Students' Levels of Understanding Models and Modelling in Biology: Global or Aspect-Dependent? *Research in Science Education*, 44(1), 109–132. <https://doi.org/10.1007/s11165-013-9365-y>
- Louca, L. T., Zacharia, Z. C., & Constantinou, C. P. (2011). In Quest of productive modelingbased learning discourse in elementary school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(8), 919–951. <https://doi.org/10.1002/tea.20435>
- Metcalf, J. (2017). Learning from Errors. *Annual Review of Psychology*, 68, 465–489. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010416-044022>
- Oser, F. K., Näpflin, C., Hofer, C., & Aerni, P. (2012). Towards a Theory of Negative Knowledge (NK): Almost-Mistakes as Drivers of Episodic Memory Amplification. In J. Bauer & C. Harteis (Eds.), *Professional and Practice-based Learning. Human Fallibility* (Vol. 6, pp. 53–70). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-90-481-3941-5_4
- Renkl, A. (2014). Toward an instructionally oriented theory of example-based learning. *Cognitive Science*, 38(1), 1–37. <https://doi.org/10.1111/cogs.12086>
- Renkl, A., Mandl, H., & Gruber, H. (1996). Inert knowledge: Analyses and remedies. *Educational Psychologist*, 31(2), 115–121. https://doi.org/10.1207/s15326985sep3102_3
- Schwarz, C. V., & Gwekwerere, Y. N. (2007). Using a guided inquiry and modeling instructional framework (EIMA) to support preservice K-8 science teaching. *Science Education*, 91(1), 158–186. <https://doi.org/10.1002/sce.20177>
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*. Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8126-4>
- Upmeyer zu Belzen, A., & Krüger, D. (2019). Modelle als methodische Werkzeuge begreifen und nutzen: Empirische Befunde und Empfehlungen für die Praxis. In J. Groß, M. Hammann, P. Schmiemann, & J. Zabel (Eds.), *Biologiedidaktische Forschung: Errträge für die Praxis* (Vol. 11, pp. 129–146). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58443-9_8
- Wright, B. D., Linacre, J. M., Gustafson, J. E., & Martin-Lof, P. (1994). *Reasonable meansquare fit values.: Rasch measurement transactions* (Vol. 8).