

Tanja Mutschler¹
David Buschhüter¹
Christoph Kulgemeyer²
Andreas Borowski¹

¹Universität Potsdam
²Universität Paderborn

Beispiel-Regel vs. Regel-Beispiel Wie wird Physik besser gelernt?

Motivation und Theorie

Die Bedeutsamkeit von Beispielen für das Lernen neuer (physikalischer) Konzepte ist lerntheoretisch Konsens (Fischer et al. 2003). Richtig eingesetzt, sind Beispiele in der Lage, die Abstraktheit bzw. Komplexität physikalischer Inhalte zu verringern, indem sie Anknüpfungspunkte an die Erfahrungen und somit an das bestehende Wissensnetz der Lernenden bieten (Kalyuga et al. 2010, Kircher et al. 2015, Schecker et al. 2018). Gleichzeitig ermöglichen Beispiele es durch ihre Verankerung in konkreten Kontexten einen für die Schüler*innen relevanten und interessanten Lebensweltbezug herzustellen (Muckenfuß 1995, Habig et al. 2018). Der Einsatz von Beispielen unterstützt so sowohl den kognitiven als auch affektiv-emotionalen Verstehensprozess. Aufgrund dieser Eigenschaften scheinen Beispiele gerade auch für Lernende mit geringerem Vorwissen von hohem Nutzen zu sein.

Bezüglich einer optimalen Positionierung des Beispiels (vor oder nach der Regel) beim (Physik)Lernen gibt es jedoch sich entgegenstehende Befunde. Kulgemeyer (2018) spricht sich für die Reihenfolge *Regel-Beispiel* zum Erlernen von deklarativen Wissen (Faktenwissen) aus und verweist dabei auf Seidel et al. (2013), Champagne et al. (1982) und Korthagen & Kessels (1999), die alle Effekte zugunsten dieser Reihenfolge feststellen konnten. Demgegenüber steht der Ansatz der Basismodelltheorie (Oser & Baeriswyl 2001), der die Strukturabfolge (*prototypisches Beispiel - Konzept*) bei der Begriffs- bzw. Konzeptbildung vorsieht. Diese Vorgabe gründet sich v.a. auf den lerntheoretischen bzw. lernpsychologischen Ausarbeitungen von Aebli (1981; 1983) und Smith & Medin (1981) und beschreibt, dass durch das geführte Durcharbeiten eines einzigen – für das Konzept prototypische – Beispiel wesentliche Züge des Konzeptes aufgezeigt werden können, die dann in den vernetzten und verallgemeinerten Konzeptbegriff münden. Zwischen diese beiden Ansätze stellen sich die Studien von Kokkonen et al. (2021) sowie van Hout und Mettes (1976), die den Einfluss der Strukturabfolge im physikalischen bzw. ingenieurtechnischen Kontext überprüft haben und keine Effekte zugunsten der einen oder anderen Abfolge feststellen konnten.

Aufgrund der uneindeutigen Forschungslage bezüglich der Reihenfolge der Strukturierungselemente in Bezug auf das Erlernen physikalischer Konzepte stellen wir die Forschungsfrage auf:

Welchen Einfluss hat die Reihenfolge der Strukturierungsschritte „prototypisches Beispiel“ und „Regel/Konzept“ auf den Lernerfolg?

Wir gehen davon aus, dass die Reihenfolge der Strukturierungsschritte sich auf den Lernerfolg der Lernenden auswirkt. Dabei nehmen wir an, dass das Vorwissen als moderierende Variable agiert, wobei die Richtung der Wirkung offen bleibt.

Studiendesign

Die Studie ist als experimentelle Interventionsstudie angelegt (Abbildung 1). Die Intervention stellt dabei eine videobasierte Lerneinheit zum Wechselwirkungsgesetz von Newton dar, bei

der die Reihenfolge der Strukturierungsschritte prototypisches Beispiel (hier: Skateboarder ziehen am Seil) und Regel/Konzept (Wechselwirkungsprinzip) die unabhängige Variable beschreibt. Vor und nach der Lerneinheit erfolgt eine fragebogenbasierte Testung mit Items zum fachphysikalischen Inhalt (Newtonsche Axiome, Wirkungen von Kräften, Kräftegleichgewicht) (Hestenes et al. 1992, Thornton & Sokoloff 1998, Waltner et al. n.d., Brinkmann 2021, LEIFPhysik 2021). Mittels Ankeritems wird die Vergleichbarkeit der Personenparameter im Prä- und Posttest hergestellt.

Weiterhin werden die Konstrukte Fachinteresse (Berger 2000), Motivation (Deci & Ryan 2003), Einstellung zu Physik (Neumann & Borowski 2011) und wahrgenommene Strukturierung (in Anlehnung an Maurer 2016) mit aufgenommen, um entsprechende Einflüsse dieser Variablen berücksichtigen bzw. mögliche Cluster aufdecken zu können. Sowohl die Fragebögen als auch die Lerneinheit sind in eine Online-Umgebung eingebettet.

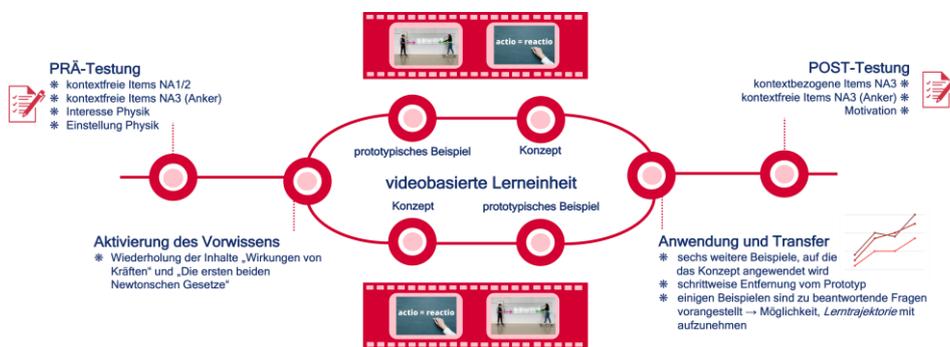


Abbildung 1 - Studiendesign

Entsprechend Kulgemeyer (2018) ist eine Anforderung an gute Lernvideos, dass sie ein neues, komplexes Prinzip fokussieren, das zu komplex für Selbsterklärungen z.B. aufgrund von typischen Schülervorstellungen ist. Das Newtonsche Wechselwirkungsgesetz stellt in der Mechanik der Schulphysik genauso ein komplexes Konzept dar. Aufgrund seiner Nähe zum Kräftegleichgewicht ist es oft mit Lernendenvorstellungen verbunden, die sich bei bestimmten Items des FCI auch noch bei Kursschüler*innen und Bachelorstudierenden zeigen (Savinainen & Scott 2002, Mutschler et al. 2020).

Das Ziel, das Wechselwirkungsgesetz als komplexes Prinzip vernetzend zu verstehen, ist an konzeptbildende Formen der Lernprozessstrukturierung gebunden. Die vorliegende Lerneinheit wurde in seiner Form *Beispiel-Regel* entsprechend dem Basismodell Konzeptbildung (Oser & Baeriswyl 2001, Krabbe et al. 2015) aufgebaut. Für die Form *Regel-Beispiel* wurden der zweite und dritte Handlungskettenschritt getauscht und Anpassungen entsprechend der Bezugnahme bei der Erklärung zwischen den beiden Handlungskettenschritten vorgenommen. Die Phasen der Vorwissensaktivierung sowie der Anwendung und des Transfers sind in beiden Lerneinheiten identisch. Letztere enthalten kontextbezogene Beispiele und zwischengeschaltete Aufgaben, die unterstützen sollen, dass die Lernenden, die Ziele, die mit den jeweiligen Handlungskettenschritten verfolgt werden, erreichen. Zum anderen ermöglicht dies die individuellen Lerntrajektorien als weiteren Aspekt des Lernerfolgs zu untersuchen.

Basierend auf dem Vergleich der Effektgrößen der bisherigen Studien, die einen Einfluss der Reihenfolge überprüft haben (Kokkonen et al. 2021, Seidel et al. 2013), gehen wir für diese

Studie davon aus, dass die verwertbaren Effekte über die Gesamtstichprobe eher vernachlässigbar bis klein sein werden. Wir vermuten aber, dass sich mittlere Effekte in der Gruppe der Lernenden mit geringem Vorwissen zeigen werden. Studien (Maurer 2016; Zander 2016) konnten darlegen, dass diese Gruppe vor allem von strukturiertem Unterricht profitiert. In Orientierung an Maurer (2016) und in Antizipation möglicher Cluster streben wir eine Stichprobengröße von 750-800 Schüler:innen aller Schulformen aus verschiedenen Bundesländern der Doppeljahrgangsstufe 9/10 an.

Interviewstudie

Eine vorhergegangene Interviewstudie (Börner 2021) mit sieben Lehrkräften überprüfte eine adressatengerechte Aufbereitung des Inhalts sowie die Ausprägung von Qualitätsmerkmalen zur Sicherstellung eines Lernzugewinns. In Anlehnung an das Framework von Kulgemeyer (2018) wurde ein Fragenkatalog entwickelt, auf dessen Basis die Lehrkräfte beide Videos einschätzen sollten. Insgesamt wurden den Videos eine ausreichend hohe Qualität durch die Lehrkräfte zugeschrieben, die sich in den Aspekten *Erklärung* und *kognitive Aktivierung* widerspiegelt. Auch die Passung zur Lernendengruppe wurde bestätigt. Die Videodauer wurde jedoch von allen Lehrkräften negativ hervorgehoben. In einer Pilotierung wird dieser Aspekt nun überprüft. Weiterhin konnten Handlungsanweisungen herausgearbeitet werden, die zur Anpassung der Videos führten.

Vorstudien und Haupterhebung

In einer Vorstudie soll das komplette Instrument in mindestens drei brandenburgischen Gesamtschul- bzw. Gymnasialschulklassen eingesetzt und getestet werden. Diese Vorstudie ist für November und Dezember 2021 angesetzt.

Die Haupterhebung ist für Frühjahr / Sommer 2022 geplant. Aufgrund der Platzierung der Newtonschen Mechanik durch die individuellen schulinternen Curricula kann die Phase der Haupterhebung ausgeweitet werden. Erste Ergebnisse sind ab Herbst/Winter 2022 zu erwarten.

Literatur

- Aebli, H. (1981). Denken: Das Ordnen des Tuns. Band II: Denkprozesse. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Aebli, H. (1983; in der 14. Auflage von 2011). Zwölf Grundformen des Lehrens: Eine Allgemeine Didaktik auf psychologischer Grundlage. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Berger, R. (2000). Moderne bildgebende Verfahren der medizinischen Diagnostik – Ein Weg zu interessanterem Physikunterricht. Berlin: Logos.
- Börner, H. (2021). Qualitätskriterien für Lernvideos – eine qualitative Analyse zweier Lernvideos zum Neton'schen Wechselwirkungsgesetz. Potsdam: Universität Potsdam.
- Brinkmann, C. (2021). Aufgaben zur Beschleunigung. Mathe-Brinkmann. <https://123mathe.de/physik-aufgaben-zur-beschleunigung>
- Champagne, A. B., Klopfer, L. E., & Gunstone, R. F. (1982). Cognitive research and the design of science instruction. *Educational Psychologist*, 17, 31–53.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2003). Intrinsic Motivation Inventory. Retrieved from <https://selfdeterminationtheory.org/intrinsic-motivation-inventory/>
- Fischer, H.E., Klemm, K., Leutner, D., Sumfleth, E., Tiemann, R. & Wirth, J. (2003). Naturwissenschaftsdidaktische Lehr-Lernforschung: Defizite und Desiderata. *ZfdN* 9, 179–208.
- Habig, S., van Vorst, H. & Sumfleth, E. (2018). Merkmale kontextualisierter Lernaufgaben und ihre Wirkung auf das situationale Interesse und die Lernleistung von Schülerinnen und Schülern. *ZfdN* 24, 99–114.
- Hestenes, D., Wells, M. & Swackhammer, G. (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher* 30, 141-158.
- Kalyuga, S., Renkl, A. & Paas, F. (2010). Facilitating Flexible Problem Solving: A Cognitive Load Perspective. *Educ Psychol Rev* 22, 175–186.
- Kircher, E., Girwidz, R. & Häußler, P. (Hrsg.). (2015). *Physikdidaktik: Theorie und Praxis*. Berlin, Heidelberg: Springer.

- Kokkonen, T., Lichtenberger, A. & Schalk, L. (2021). Concreteness fading in learning secondary school physics concepts. *Learning and Instruction*, <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2021.101524>.
- Korthagen, F. A. J., & Kessels, J. P. A.M. (1999). Linking theory and practice: changing the pedagogy of teacher education. *Educational Researcher*, 28(4), 4–17.
- Krabbe, H., Zander, S. & Fischer, H.E. (2015). *Lernprozessorientierte Gestaltung von Physikunterricht: Materialien zur Lehrerfortbildung*. Münster: Waxmann.
- Kulgemeyer, C. (2018). A Framework of Effective Science Explanation Videos Informed by Criteria for Instructional Explanations. *Research in Science Education* 50, 2441-2462.
- LEIFiPhysik. (2021). Quiz zum Wechselwirkungsgesetz. Joachim Herz Stiftung. <https://www.leifiphysik.de/mechanik/kraft-und-bewegungsaenderung/aufgabe/quiz-zum-wechselwirkungsgesetz>
- Maurer, C. (2016). *Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen*. Berlin: Logos.
- Muckenfuß, H. (1995). *Lernen im sinnstiftenden Kontext*. Berlin: Cornelsen.
- Mutschler, T., Buschhüter, D., Kontro, I. & Borowski, A. (2020). Beyond FCI: Internationale Vergleiche mithilfe eines erweiterten FCI. In: S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019, S. 912-915. Universität Duisburg-Essen.
- Neumann, K. & Borowski, A. (2011). Monoedukativer Physikunterricht. In Höttecke, D. (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie*. LIT Verlag, Berlin, S. 123-125.
- Oser, F. & Baeriswyl, F.J. (2001). *Choreographies of Teaching: Bridging Instruction to Learning*. In V. Richardson (Eds.), *Handbook of Research on Teaching*. Washington: American Educational Research Association, 1031-1065.
- Savinainen, A. & Scott, P. (2002). Using the Force Concept Inventory to monitor student learning and to plan teaching. *Physics Education* 37 (1), 53-58.
- Seidel, T., Blomberg, G., & Renkl, A. (2013). Instructional strategies for using video in teacher education. *Teaching and Teacher Education* 34, 56–65.
- Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M. & Duit, R. (Hrsg.) (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Berlin: Springer.
- Smith, E. E. & Medin, D. L. (1981). *Categories and concepts*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Thornton, R. & Sokoloff, D. (1998). Assessing student learning of Newton's law: The Force and Motion Conceptual Evaluation and the Evaluation of Active Learning Laboratory and Lecture Curricula. *American Journal of Physics* 66(4), 338-352.
- Van Hout, J. F. M. J. & Mettes, C. T. C. W. (1976). The effect of EGRULEG versus RULEG and teacher-centredness versus student-centredness on pupil gain and satisfaction. *Instructional Science* 5, 181-187.
- Waltner, C., Tobias, V., Hopf, M., Wilhelm, T. & Wiesner, H. (n.d.). *Einführung in die Mechanik*. Ludwig-Maximilians-Universität München. https://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/archiv/inhalt_materialien/mechanikkonzept/mechanik.pdf
- Zander, S. (2016). *Lehrerfortbildung zu Basismodellen und Zusammenhänge zum Fachwissen*. Berlin: Logos.