

Tanja Mutschler<sup>1</sup>  
 David Buschhüter<sup>1</sup>  
 Christoph Kulgemeyer<sup>2</sup>  
 Andreas Borowski<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Potsdam  
<sup>2</sup>Universität Bremen

## **Newton online lernen: Erste Ergebnisse zum Einsatz einer Online-Lerneinheit**

### **Hintergrund**

Die phasenweise Umstellung von Präsenz- auf Onlineunterricht während der CoViD19-Pandemie unterstrich den Bedarf an guten, digital-verfügbaren Lernmaterialien. Es existieren beispielsweise zwar viele Erklärvideos zu physikalischen Themen, jedoch unterscheiden sich diese Videos zum Teil stark in ihrer Qualität und der fachlichen Korrektheit (Kulgemeyer & Peters 2016). Problematisch ist außerdem, dass diese Videos oftmals nicht lehrplankonform sind und Lernendenvorstellungen manchmal sogar verstärken, anstatt sie aufzulösen (Kulgemeyer & Wittwer 2021). Gerade die Newtonsche Mechanik stellt ein populäres Thema auf den verschiedenen Plattformen dar. Innerhalb dieses Themengebiets nimmt das Wechselwirkungsgesetz eine hervorgehobene Rolle ein: Verschiedene Testungen mit Hilfe des FCI zeigen bei Items dieses Konstruktes eine geringere Lösungswahrscheinlichkeit (Wilhelm & Heuer 2005; Savinainen & Scott 2002; Hestenes et al. 1992) und deuten damit auf konstruktsspezifische Verstehensschwierigkeiten hin. Laut Bao und Fritchmann (2021) sowie Low und Wilson (2017) bleiben die Fehlvorstellungen auch nach Instruktion vorhanden, wobei der Lernerfolg beim Wechselwirkungsgesetz stark instruktionsabhängig ist (Wilhelm & Heuer 2005; Savinainen & Scott 2002). Bao und Fritchmann (2021) betonen in diesem Zusammenhang die Fokussierung auf einige Kernmerkmale (wie z.B. Interaktion zweier Körper, Gleichzeitigkeit, Symmetrie) in variierenden Kontexten.

Damit Lernmaterialien wie Erklärvideos am Lernprozess der Schüler\*innen orientiert sind, müssen sie nicht nur mögliche Lernendenvorstellungen mitdenken, sondern – genau wie Unterricht auch – lerntheoretische Ansätze mit fachdidaktischen Spezifika verbinden und zusätzlich Prinzipien für multimediales Lernen (Findeisen, Horn & Seifried 2019) einflechten. Studien (Kunter & Trautwein 2013, Berger 2000) konnten weiterhin die Motivation und das Interesse der Lernenden sowie die (Tiefen-)Strukturierung der Einheit als Bedingungsfaktoren für den Lernerfolg von Schüler\*innen ausweisen. Kulgemeyer (2018) hat in diesem Zusammenhang Qualitätskriterien für gute Erklärvideos aufgestellt, die diese Aspekte in einem Framework integrieren. Innerhalb unseres Projektes haben wir uns deshalb zum Ziel gesetzt, eine an diesen Qualitätskriterien orientierte Lerneinheit zum Wechselwirkungsgesetz zu entwickeln und sie dann mit Blick auf die genannten Bedingungsfaktoren für Lernerfolg zu evaluieren.

### **Design**

Kernstück des Projektes stellt somit das Lernvideo zum Wechselwirkungsgesetz mit integrierten Lernaufgaben dar. Dieses folgt den Qualitätskriterien von Kulgemeyer (2018), wurde aber noch durch eine geführte Anwendungs- und Transfereinheit entsprechend der Vorgaben der Basismodelltheorie (Oser & Baeriswyl 2001) ergänzt. Bei der Auswahl des prototypischen

Beispiels wurde darauf geachtet, dass alle von Bao und Fritchmann (2021) geforderten Kernmerkmale direkt erkennbar sind. Die Anwendungs- und Transferphase ermöglicht darüber hinaus, variierende Kontexte (z.B. Abgrenzung zum Kräftegleichgewicht, Gültigkeit auch bei magnetischer Anziehung), die das Verstehen des Wechselwirkungsprinzips in seiner Komplexität ermöglichen sollen (vgl. Aebli 1981; Krabbe, Zander & Fischer 2015; Bao & Fritchmann 2021). Die Einhaltung der Qualitätskriterien sowie die adressaten- und curriculumsgerechte Passung an die Jahrgangsstufe 9/10 wurde durch eine Interviewstudie mit Lehrkräften (Börner 2021) überprüft. Nach entsprechenden Anpassungen umfasst die Lerneinheit zum Wechselwirkungsgesetz in ihrer finalen Form circa 30 Minuten und kann lückenlos in die Sequenzplanung zur Newtonschen Mechanik eingebettet werden.

Das Video mit Lernaufgaben wurde anschließend mit Hilfe der Plattform *limesurvey* online zugänglich gemacht und in eine Prä-Post-Testung eingebettet. Diese Testung umfasst neben dem *Fachwissen* (u.a. Hestenes et al. 1992) zur Erfassung des Lernerfolgs auch die Konstrukte *Fachinteresse Physik* (Berger 2000), *Einstellung zum Fach Physik* (Neumann & Borowski 2011), *Motivation* (Deci & Ryan 2003) und die *empfundene Strukturierung* (Maurer 2016).

#### Stichprobe

Der Erhebungszeitraum für das Projekt ist noch bis Februar 2023 angesetzt. Für eine erste Analyse lagen Daten von  $N = 157$  Schüler\*innen der Doppeljahrgangsstufe 9/10 aus Brandenburger Schulen vor. Diese wurden noch durch den Abzug von (a) Personen, die das Wechselwirkungsgesetz bereits behandelt hatten ( $N = 33$ ) und (b) Personen, die eine Quote von über 30% nicht gegebener Antworten hatten ( $N = 59$ ), bereinigt, sodass sich die folgenden Ergebnisse auf  $N = 65$  Schüler\*innen beziehen. Der hohe Dropout unter (b) hängt vor allem mit mangelhafter Internetanbindung der Schulen zusammen. Aus den Rückmeldebögen sowie den uns vorliegenden Daten wird ersichtlich, dass die Erhebung mit Einsetzen des Videos in den Klassen abbrach.

#### Ergebnisse

In einer ersten Annäherung definieren wir den Lernerfolg als erreichten Score über alle Items zum Wechselwirkungsgesetz ( $N = 7$ ) im Post-Test (s. *Abbildung 1*). Mit  $M = 1.75$  ( $SD = 1.41$ ) liegt der Lernerfolg jedoch nur knapp über dem Erwartungswert ( $E = 1.55$ ) zufällig ausgewählter Antworten.

Tabelle 1 - Korrelation versch. Konstrukte mit dem Lernerfolg

	wahrgen. Kompetenz <sup>1</sup>	Druck / Anspannung <sup>1</sup>	Anstrengung <sup>1</sup>	Fachinteresse	Einstellung	empf. Strukturierung
r	.19	-.19	.27	.25	.22	.35
p	.13	.14	.04*	.04*	.08	.01*

(<sup>1</sup>Unterkonstrukte der Motivationsskala (Deci & Ryan 2003))

Tabelle 1 stellt die Korrelationskoeffizienten für die Zusammenhänge verschiedener Konstrukte und dem Lernerfolg dar. Nur die Konstrukte *Anstrengung*, *Fachinteresse* und *empfundene Strukturierung* weisen einen statistisch signifikanten Zusammenhang mit dem Lernerfolg

auf. Dieser Zusammenhang ist für die Konstrukte *Anstrengung* und *Fachinteresse* laut Cohen (1988) als schwach und für das Konstrukt *empfundene Strukturierung* als mittel einzustufen.

Bezüglich des Lernerfolgs zeigten sich keine geschlechtsspezifischen Unterschiede (s. Abbildung 1). Jedoch trat ein statistisch signifikanter Unterschied in der eigenen, wahrgenommenen Kompetenz zwischen Jungen und Mädchen auf ( $t(47) = -2.06, p < 0.05$ ). Das bedeutet, dass Schüler und Schülerinnen Items zum Wechselwirkungsgesetz im Post-Test zwar in gleicher Anzahl richtig beantworteten, Mädchen im Mittel ihre Leistungen aber geringer einschätzen.

### Diskussion

Der geringe Lernerfolg zeigt auf, dass trotz Einhaltung der Qualitätskriterien für die Lerneinheit diese nicht ausreicht, um das konzeptuelle Verständnis bzgl. des Wechselwirkungsgesetzes umfänglich zu entwickeln. Die Nähe des Lernerfolgs zum Erwartungswert zufällig getroffener Antworten deutet weiter daraufhin, dass für eine Vielzahl der Lernenden die Distraktoren auch nach der Instruktion attraktiv bleiben. Diese Stabilität der Lernendenvorstellungen bzgl. des Wechselwirkungsgesetzes zeigen auch Bao und Fritchman (2021), Low und Wilson (2017) sowie Savinainen und Scott (2002).

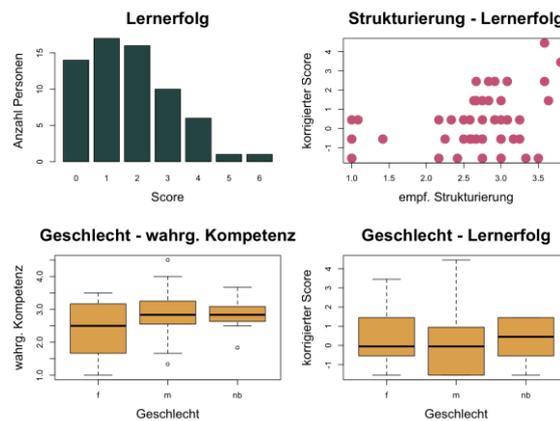


Abbildung 1 - Ergebnisdarstellung

Als Bedingungsfaktoren für den Lernerfolg deuten sich in unseren Daten das Fachinteresse und die investierte Anstrengung vor allem aber die empfundene Strukturierung an. Geschlechtsspezifische Unterschiede zeigten sich in der Wahrnehmung der eigenen Kompetenz nicht aber im Lernerfolg. Diese Ergebnisse lassen sich gut mit den Ergebnissen anderer Studien verbinden (Maurer 2016; Stanat et al. 2018, Habig et al. 2018). Für die Konstruktion von (digitalen) Lerneinheiten bedeutet das, den Fokus stark auf eine am Lernprozess der Schüler\*innen orientierte Strukturierung zu setzen. Inwieweit hier eine bestimmte Strukturabfolge lernförderlicher ist, soll im Gesamtprojekt (Mutschler et al. 2022) untersucht werden. Darüber hinaus besteht die Herausforderung auch darin, (digitale) Lernumgebungen so zu gestalten, dass sie sowohl lernförderlich für Schüler\*innen mit geringem Interesse am Fach Physik sind und als sich auch positiv auf die wahrgenommene Kompetenz (vor allem von Schülerinnen) auswirken. Das kann beispielsweise durch eine entsprechende Auswahl der Kontexte (Habig et al. 2018) oder Repräsentationsfiguren erreicht werden.

Insgesamt sollte sich aber kritisch mit der Frage auseinandergesetzt, was vergleichsweise kurze Lerneinheiten leisten können sollten (vor allem auch dann, wenn ganze Unterrichtsreihen ähnliche Probleme bzgl. des Lernerfolgs haben (z.B. Zander 2016). Durch die Aufnahme von eher reproduzierenden Fachwissensitems (in Ergänzung zu den aktuell verwendeten konzeptuellen Items) erhoffen wir uns eine differenziertere Einsicht in den Fachwissenszuwachs.

## Literatur

- Aebli, H. (1981). *Denken: Das Ordnen des Tuns. Band II: Denkprozesse*. Klett-Cotta: Stuttgart.
- Bao, L., & Fritchman, J.C. (2021). Knowledge integration in student learning of Newton's third law: Addressing the action-reaction language and the implied causality. *Physical Review Physics Education Research* 17, 020116.
- 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 Newton'schen Wechselwirkungsgesetz*. Potsdam: Universität Potsdam.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2003). *Intrinsic Motivation Inventory*. Retrieved from <https://selfdeterminationtheory.org/intrinsic-motivation-inventory/>
- Findeisen, S., Horn, S. & Seifried, J. (2019). Lernen durch Videos – Empirische Befunde zur Gestaltung von Erklärvideos. *MedienPädagogik*, 16-36.
- Hestenes, D., Wells, M. & Swackhammer, G. (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher* 30, 141-158.
- Habig, S., van Vorst, H. & Sumfleth, E. (2018). Merkmale kontextualisierter Lernaufgaben und ihre Wirkung auf das situationale Interesse und die Lernleistung von Schülerinnen und Schüler. *ZfD* 24, 99–114.
- Kircher, E., Girwidz, R. & Häußler, P. (Hrsg.). (2015). *Physikdidaktik: Theorie und Praxis*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- 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.
- Kulgemeyer, C. & Peters, C.H. (2016). Exploring the explaining quality of physics online explanatory videos. *European Journal of Physics* 37, 065705.
- Kulgemeyer, C., & Wittwer, J. (2021). When Learners Prefer the Wrong Explanation: Misconceptions in Physics Explainer Videos and the Illusion of Understanding. <https://doi.org/10.31234/osf.io/q36zf>
- Kunter, M. & Trautwein, U. (2013). *Psychologie des Unterrichts*. Paderborn: Schöningh.
- Low, D.J. & Wilson, K.F. (2017). The role of competing knowledge structures in undermining learning: Newton's second and third laws. *American Journal of Physics* 85, 54-65.
- Maurer, C. (2016). *Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen*. Berlin: Logos.
- Mutschler, T., Buschhüter, D., Kulgemeyer, C. & Borowski, A. (2022). Beispiel-Regel vs. Regel-Beispiel: Wie wird Physik besser gelernt? In: Habig, S. & van Vorst, H. (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, virtuelle Jahrestagung 2021, S. 756-759. 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.
- Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M. & Duit, R. (Hrsg.) (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Berlin: Springer.
- Stanat, P., Schipolowski, S., Mahler, N., Weirich, S. & Henschel, S. (Hrsg.). (2019). *IQB-Bildungstrend 2018. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I im zweiten Ländervergleich*. Münster: Waxmann.
- Wilhelm, T. & Heuer, D. (2005). Verständnis der newtonschen Mechanik bei bayerischen Elftklässlern – Ergebnisse beim Test „Force Concept Inventory“ in herkömmlichen Klassen und im Würzburger Kinematik-/Dynamikunterricht. *Didaktik der Physik, Frühjahrstagung Berlin 2005*.
- Zander, S. (2016). *Lehrerfortbildung zu Basismodellen und Zusammenhänge zum Fachwissen*. Berlin: Logos.