

Änderung der Schülervorstellungen zum Spiegel durch Lichtwege in AR

Visualisierung naturwissenschaftlicher Konzepte

In der medien- und fachdidaktischen Forschung finden sich viele Studien, die den Einfluss verschiedener Medien oder Sozialformen auf den Lernerfolg untersuchen. Häufig zeigen sich dabei keine signifikanten Unterschiede im Lernzuwachs. Das deutet darauf hin, dass nicht das Medium oder die Sozialform entscheidend sind, sondern vielmehr die Qualität und inhaltliche Ausgestaltung der verwendeten Visualisierungen. In der vorliegenden Studie wurde im Rahmen eines Schülerlabors untersucht, inwiefern eine AR-gestützte Visualisierung von Lichtwegen beim Experimentieren am Spiegel zum Aufbau physikalisch korrekter Vorstellungen beiträgt und alternative Konzepte reduziert.

Die dafür entwickelten Lerneinheiten folgen einem Strukturmodell, das an das naturwissenschaftliche Arbeiten angelehnt ist: Nach der Wahrnehmung eines Phänomens wird es in einem dynamischen Modell rekonstruiert, das Objekte zur Visualisierung naturwissenschaftliche Konzepte enthält. Anhand der Arbeit mit dem Modell werden Hypothesen formuliert, die in einem Realexperiment überprüft werden können (Lernen mit Modellen und Experimenten, Teichrew & Erb, 2020a). Zur augenscheinlichen Überprüfung des Modells bietet es sich an, die dort verwendeten „virtuellen Objekte“ mithilfe von AR (Augmented Reality) direkt in die reale Situation einzublenden (Teichrew & Erb, 2020b). Wir gehen davon aus, dass die verwendeten Visualisierungen die mentalen Modelle der Schülerinnen und Schüler beeinflussen. Mentale Modelle werden wiederum in Schülervorstellungen zum Ausdruck gebracht, die in der Naturwissenschaftsdidaktik untersucht und zusammengetragen werden (vgl. z.B. Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2018).

Studiendesign

Das Schülerlabor haben nacheinander drei 8. Klassen eines Gymnasiums besucht (N = 80). Die Lernenden einer Klasse wurden beim Eintritt zufällig auf die linke und rechte Seite des Raums verteilt. Beide Seiten waren mit denselben Materialien und Arbeitsblättern ausgestattet. Der einzige Unterschied zwischen Interventions- und Kontrollgruppe lag in den

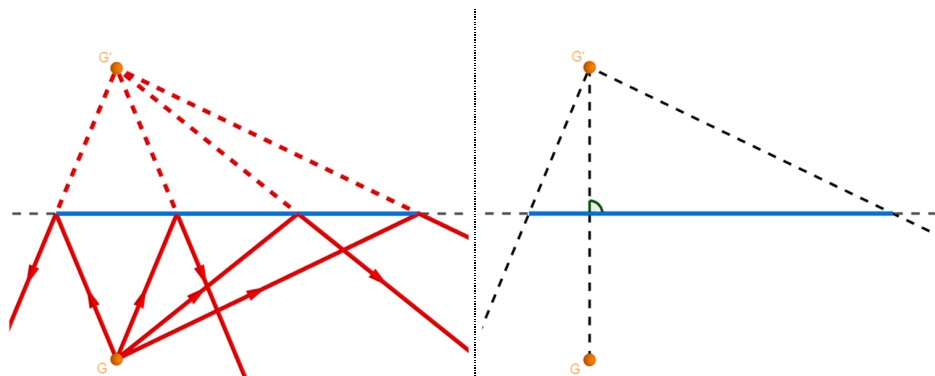


Abb. 1: AR-Modell zum Thema Spiegelbild mit Lichtwegen (links) und ohne (rechts)

AR-Modellen (s. Abb.1). In einem Fall enthalten die betrachteten Anordnungen aus Spiegel und Lichtquelle bzw. Gegenstand rote Pfeile, die den Verlauf des Lichts und den Ort des Spiegelbildes mithilfe von Lichtwegen und ihren gestrichelten Verlängerungen hinter den Spiegel visualisieren. Auf der anderen Seite werden Spiegelbilder ausschließlich mithilfe der mathematischen Achsenspiegelung konstruiert. Beide Varianten wurden zur Überlagerung von Experimenten in AR genutzt und mit beiden Varianten konnten am Ende der effektiven Lernzeit von ca. 90 min die Fragestellungen der insgesamt fünf spiegelbezogenen Stationen beantwortet werden:

- Wo kommt bei der Reflexion am Spiegel mehr Licht an?
- Wo befindet sich scheinbar das Spiegelbild?
- Wie groß muss ein Spiegel sein, um mein ganzes Gesicht zu zeigen?
- Wie weit ist der Gegenstand in einem Periskop entfernt?
- Wie vertauscht der Winkelspiegel links und rechts?

Die Lernenden haben am Tag des Schülerlabors außerdem einen Pre- und Posttest bestehend aus 10 zweistufigen Aufgaben bearbeitet, der Schülervorstellungen zum Thema Spiegel erfasst. In den Aufgaben werden verschiedene Situationen am Spiegel beschrieben und illustriert. Die Lernenden werden aufgefordert, eine Fragestellung durch Ankreuzen zu beantworten und ihre Antwort mit einer von vier möglichen Aussagen zu begründen. Eine Begründung entspricht dabei einer physikalisch vertretbaren Auffassung und drei weitere können auf verbreitete alternative Schülervorstellungen zurückgeführt werden (Teichrow & Erb, 2019). Es werden nur passende Kombinationen aus Antwort und Begründung gezählt. Im Pretest beträgt der Anteil der passenden Kombinationen bei beiden Gruppen ca. 70%, was den Anteil an zufälligen Ergebnissen während der weiteren Analyse reduziert.

Des Weiteren wurden im Posttest verschiedene Skalen eingesetzt, die technische, kognitive und affektive Merkmale des Lernprozesses mit und ohne Lichtwege erfasst haben.

- 5 positive Items der System Usability Scale zum Lernen mit dem Tablet (Brooke, 1996)
- 6 Items zum Grad der Immersion (angelehnt an den VR-Präsenzfragebogen, Dengel, 2020)
- Jeweils 4 Items zum intrinsic cognitive load, extraneous cognitive load, germane cognitive load und perceived learning gain (angelehnt an Klepsch, Schmitz & Seufert, 2017; Leppink, Paas, Van der Vleuten, Van Gog & Van Merriënboer, 2013; Paas & Sweller, 2021; Thees et al., 2021)
- Jeweils 4 Items zum wahrgenommenen Vergnügen, zur wahrgenommenen Wahlfreiheit, zur wahrgenommenen Kompetenz (angelehnt an Wilde, Bätz, Kovaleva & Urhahne, 2009) und zum Flow-Zustand (volle Konzentration und verzerrtes Zeitgefühl, angelehnt an Ibáñez, Di Serio, Villarán & Delgado Kloos, 2014; Jackson & Marsh, 1996)

Ergebnisse

Unterschiede zwischen den Gruppen zeigen sich bereits anhand der Verteilung der Veränderungen zwischen Pre- und Posttest (s. Abb.2). In der Gruppe mit Lichtwegen nehmen physikalische Vorstellungen eher zu und alternative eher ab. In der Gruppe ohne Lichtwege verteilen sich die Veränderungen größtenteils symmetrisch um den Wert Null herum. In beiden Gruppen sind Ausreißer zu finden: Eine ungewöhnliche Zunahme an alternativen Vorstellungen in der Gruppe mit Lichtwegen (36) und eine ungewöhnliche Zunahme an physikalischen Vorstellungen in der Gruppe ohne Lichtwege (77).

Betrachtet man die Veränderung der Mittelwerte von Pre- zu Posttest ohne die zwei Ausreißer (s. Abb.3), ergeben sich folgende Ergebnisse: Die physikalischen Vorstellungen nehmen bei

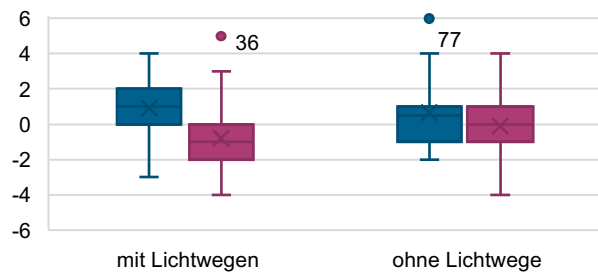


Abb. 2: Boxplots der Veränderungen physikalischer (blau) und alternativer Vorstellungen (lila) in den Gruppen mit und ohne Lichtwege mit Ausreißern

beiden Gruppen zu. Die Veränderung in der Gruppe mit Lichtwegen ist höchst signifikant mit mittlerem Effekt ($t(38) = 4.06$, $p < .001$, $d = .65$, Varianzgleichheit in allen Tests angenommen). In der Gruppe ohne Lichtwege gibt es hingegen nur eine signifikante Veränderung mit kleinem Effekt ($t(38) = 2.31$, $p = .027$, $d = .37$). Außerdem nehmen die alternativen Vorstellungen in der Gruppe mit Lichtwegen ab, während sie ohne Lichtwege praktisch unverändert bleiben. Die Veränderung in der Gruppe mit Lichtwegen ist wiederum höchst signifikant mit mittlerem Effekt ($t(38) = -3.87$, $p < .001$, $d = -.62$).

Bei den erhobenen technischen, kognitiven und affektiven Merkmalen haben sich zwischen den Gruppen keine signifikanten Unterschiede ergeben. Werden die Lernenden jedoch in Gruppen aufgeteilt, die ihre physikalischen Vorstellungen ausgebaut haben (Veränderung > 0) und nicht, dann können einige Unterschiede bei bestimmten Merkmalen beobachtet werden: Die 26 Lernenden, die sich mit Lichtwegen verbessert haben, hatten im Gegensatz zu den 14 anderen mehr Spaß beim Lernen. Die 20 Lernenden, die sich ohne Lichtwege verbessert haben, haben sich mehr angestrengt (germane cognitive load) und hatten auch ein stärkeres Gefühl, mehr verstanden zu haben als die 20 anderen (perceived learning gain).

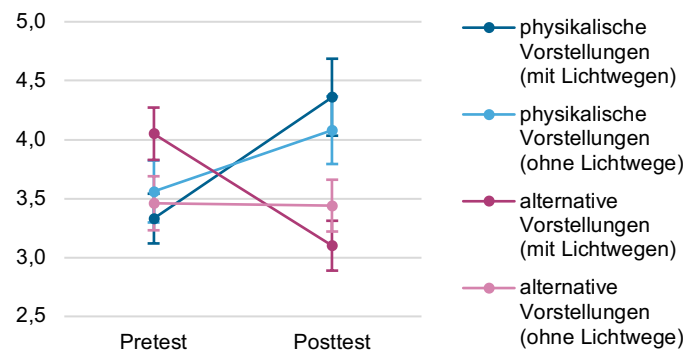


Abb. 3: Veränderung der Mittelwerte von Pre- zu Posttest ohne Ausreißer mit Standardfehler des Mittelwerts

Zusammengefasst erweist sich die Einbindung von Lichtwegen als lernförderlich. Sie führt zu einem deutlichen Ausbau physikalischer Vorstellungen und zu einem Rückgang alternativer Vorstellungen. Affektive und kognitive Lernmerkmale beeinflussen den Lernerfolg auf unterschiedliche Weise. Motivierte Lernende zeigen Lernzuwächse auch dann, wenn die verwendeten Materialien weniger vorteilhaft gestaltet sind.

Literatur

- Brooke, J. (1996). SUS: A „Quick and Dirty“ Usability Scale. In P.W. Jordan, B. Thomas, I.L. McClelland & B. Weerdmeester (Hrsg.), *Usability Evaluation In Industry* (S. 207–212). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781498710411-35>
- Dengel, A. (2020). Effects of Immersion and Presence on Learning Outcomes in Immersive Educational Virtual Environments for Computer Science Education. Universität Passau. Zugriff am 31.5.2023. Verfügbar unter: <https://opus4.kobv.de/opus4-uni-passau/frontdoor/index/index/docId/841>
- Haagen-Schützenhöfer, C. & Hopf, M. (2018). Schülervorstellungen zur geometrischen Optik. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf & R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht* (S. 89–114). Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-57270-2_5
- Ibáñez, M. B., Di Serio, Á., Villarán, D. & Delgado Kloos, C. (2014). Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness. *Computers & Education*, 71, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.09.004>
- Jackson, S. A. & Marsh, H. (1996). Development and validation of a scale to measure optimal experience: The Flow State Scale. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 18(1), 17–35. US: Human Kinetics.
- Klepsch, M., Schmitz, F. & Seufert, T. (2017). Development and Validation of Two Instruments Measuring Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. *Frontiers in Psychology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01997>
- Leppink, J., Paas, F., Van der Vleuten, C. P. M., Van Gog, T. & Van Merriënboer, J. J. G. (2013). Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. *Behavior Research Methods*, 45(4), 1058–1072. <https://doi.org/10.3758/s13428-013-0334-1>
- Paas, F. & Sweller, J. (2021). Implications of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning. In R.E. Mayer & L. Fiorella (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (3. Auflage, S. 73–81). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108894333.009>
- Teichrew, A. & Erb, R. (2019). Entwicklung und Evaluation eines zweistufigen Testinstruments für Schülervorstellungen zur Anfangsoptik. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*. Gehalten auf der DPG-Frühjahrstagung, Aachen. Verfügbar unter: <http://phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/953>
- Teichrew, A. & Erb, R. (2020a). Lernen mit Modellen und Experimenten: Von der Beobachtung zur Erkenntnis am Beispiel des Regenbogens. *MNU*, 73(6), 481–486.
- Teichrew, A. & Erb, R. (2020b). How augmented reality enhances typical classroom experiments: examples from mechanics, electricity and optics. *Physics Education*, 55(6), 065029. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/abb5b9>
- Thees, M., Kapp, S., Altmeyer, K., Malone, S., Brünken, R. & Kuhn, J. (2021). Comparing Two Subjective Rating Scales Assessing Cognitive Load During Technology-Enhanced STEM Laboratory Courses. *Frontiers in Education*, 6, 236. <https://doi.org/10.3389/feduc.2021.705551>
- Wilde, M., Bätz, K., Kovaleva, A. & Urhahne, D. (2009). Überprüfung einer Kurzsкала intrinsischer Motivation (KIM). *ZfDN*, 15.