

Effekte von Versuchsanleitungen auf den Cognitive Load und die Selbstwirksamkeitserwartung

Ausgangslage

Im Rahmen der Studie „Präsentationsmodi bei Versuchsanleitungen“ wurde untersucht, welchen Einfluss multimediale Anleitungsvarianten auf die Lernwirksamkeit, die Selbstwirksamkeit und die kognitive Belastung der Schüler*innen nehmen können.

Die Daten wurden mithilfe einer Fragebogenerhebung im Pre-Post-Design erhoben. Der Workshop „(Unsichtbares) Licht – mit dem Smartphone entdeckt“ (Amacker et al., 2022) diente als Rahmung. Im Workshop kamen Bild-Text, Bild-Instruktions- und Video-Anleitungen zum Einsatz, die randomisiert den Schulklassen zugeteilt wurden. Die Bild-Text-Anleitungen entsprachen klassischen Arbeitsblättern und waren Ausgangslage der anderen zwei Anleitungsvarianten, die gleiches Text- wie Bildmaterial verwenden. Bei den Bild-Instruktions-Anleitungen erhielten die Schüler*innen jeweils mündliche Instruktionen von den Workshop-Leitenden, ähnlich dem Frontalunterricht, und Bilder als Erinnerungshilfe am Arbeitsplatz zur Verfügung gestellt. In den Video-Anleitungen sind drei Teenager zu sehen, die die Versuchsaufbauten wie in den Bild-Instruktions-Anleitungen erläutern, hier mit der Möglichkeit, die einzelnen Videosequenzen erneut anzusehen. Der Workshop selbst wurde für alle Gruppen gleich durchgeführt, einzig die Anleitung variierte im Untersuchungssetting.

Theoretischer Hintergrund

Ausgehend von der Cognitive-Load-Theorie (Sweller, 1994) wird angenommen, dass Text- und Bildmaterialien die Arbeitsgedächtniskapazität in unterschiedlichem Maße belasten können, abhängig davon, wie sie präsentiert werden. Je nach Auslastung des Arbeitsgedächtnisses kann dies einen Einfluss auf die Lernleistung haben. Aus diesem Grund wurden Versuchsanleitungen untersucht, die alle Text und Bild in Kombination enthalten, sich aber in ihrem Präsentationsmodus unterscheiden.

Bei der Entwicklung der Anleitungen wurden aus den Forschungsergebnissen der Kognitionspsychologie und des Instruktionsdesigns resultierende Designprinzipien herangezogen. Die entsprechende Umsetzung dieser Designprinzipien wird im Abschnitt „Anwendung der Designprinzipien an den Versuchsanleitungen“ erläutert.

Neben den konzeptionellen Überlegungen zur Informationsvermittlung wurde auch Banduras sozial-kognitive Theorie (Bandura, 1977) mit Fokus auf die Selbstwirksamkeitserwartung berücksichtigt. Stellvertretende Erfahrungen durch Beobachtung und erfolgreich gemeisterte Aufgaben können die Selbstwirksamkeitserwartung stärken. Die Beobachtung von Gleichaltrigen, die erfolgreich Leistungen erbringen, kann bei Schüler*innen das Vertrauen in die eigene Fähigkeit stärken, ähnliche Aufgaben zu meistern (Barysch, 2016, S. 204). Aus diesem Grund wurden für die Video-Anleitungen Schüler*innen gleichen Alters hinzugezogen, die den Versuch instruieren, während bei den Bild-Instruktions-Anleitungen die Workshopleitenden den Versuch erläutern.

Anwendung der Designprinzipien an den Versuchsanleitungen

Die Versuchsanleitungen wurden so konzipiert, dass sie sich auf die wesentlichsten Schritte beschränken. Daher sind in jeder Anleitung nicht mehr als sieben Arbeitsschritte beschrieben. Weiter wurde darauf Wert gelegt, dass auf einem einzelnen Bild stets der gesamte Versuchsaufbau dargestellt ist, sodass auf den Bild-Text- und Bild-Instruktions-Anleitungen keine sequenzielle Bildabfolge notwendig ist. Damit wurde dem Kohärenzprinzip (Fiorella & Mayer, 2021) Rechnung getragen.

Unter Berücksichtigung des Signalisierungsprinzips (Mautone & Mayer, 2001) sind bei den Bild-Text-Anleitungen Schlüsselaussagen farblich hervorgehoben, während bei den Anleitungen mit mündlicher Instruktion diese durch Stimmvariation hervorgehoben werden. Beobachtungsaufgaben sind in den Bild-Text-Anleitungen durch das Symbol eines erhobenen Zeigefingers visuell betont. Dieses Symbol wird ebenfalls in den Bild-Instruktions- und Video-Anleitungen durch eine entsprechende Fingerzeig-Geste visualisiert.

Bei den Bild-Text-Anleitungen befinden sich die verschriftlichten Arbeitsschritte jeweils auf der linken Seitenhälfte, die Fotografie zum Versuchsaufbau auf der rechten Seitenhälfte. Diese Struktur fördert die räumliche Kontiguität (Mayer & Moreno, 2012). Bei den Bild-Instruktions- und Video-Anleitungen wurde das zeitliche Kontiguitätsprinzip berücksichtigt, indem sichergestellt wurde, dass die Erläuterungen zum Versuchsaufbau simultan zur beschriebenen Handlung erfolgten.

Unter Berücksichtigung des Segmentierungsprinzips (Mayer & Fiorella, 2021) wurden in den Bild-Text-Anleitungen die individuellen Arbeitsschritte nummeriert, während in den Bild-Instruktions- und Video-Anleitungen Satzeinleitungen wie „zuerst“, „danach“ und „anschließend“ zur Strukturierung der unterschiedlichen Arbeitsschritte verwendet wurden. Hier dienten zudem kurze Sprechpausen als zusätzliche Mittel zur Trennung der Schritte.

Das Modalitätsprinzip besagt, dass ein gesprochener Text zur Erklärung einer Abbildung effektiver ist als ein schriftlicher Text (Moreno & Mayer, 1999). Allerdings ist zu berücksichtigen, dass bei mündlichen Erklärungen oder Anweisungen, die lang und/oder komplex sind und nur kurzzeitig präsentiert werden (z.B. eine einmalige Erklärung, ohne Möglichkeit zur Wiederholung), der Modalitätseffekt nicht mehr greift (Castro-Alonso & Sweller, 2021, S. 261). Die Beachtung des Modalitätsprinzips war lediglich bei den Bild-Instruktions- und Video-Anleitungen möglich, wobei sorgfältig darauf geachtet wurde, dass die Anweisungen weder zu lang noch zu komplex ausfielen.

Forschungsfragen

Die Studie geht der Hauptfragestellung nach, welchen Einfluss multimediale Anleitungen auf die Selbstwirksamkeit und den Cognitive Load der Schüler*innen nehmen. Diesbezüglich wurden zwei Forschungsfragen formuliert.

Forschungsfrage 1: Kann die Selbstwirksamkeitserwartung der Lernenden als ein Parameter für die Wahl einer geeigneten Versuchsanleitung angesehen werden?

Es wird angenommen, dass Video-Anleitungen für Schüler*innen mit niedriger Selbstwirksamkeitserwartung am erfolgversprechendsten in Bezug auf Lernzuwachs und Entwicklung der Selbstwirksamkeitserwartung sind, da die einzelnen Handlungen Schritt für Schritt nachgeahmt werden können (Höffler & Leutner, 2007), wohingegen Bild-Instruktions- sowie Bild-Text-Anleitungen kognitiv anspruchsvoller scheinen.

Forschungsfrage 2: Mit welcher Anleitungsvariante können die Lernenden die sachfremde kognitive Belastung (Leutner et al., 2014) möglichst niedrig halten und welchen Einfluss hat das auf den Lernzuwachs?

Nach dem Modalitätsprinzip (Moreno & Mayer, 1999) wird mit den Bild-Instruktions- und den Video-Anleitungen der Extraneous Cognitive Load möglichst niedrig gehalten, da durch den gesprochenen Text der visuelle Kanal für die Verarbeitung der Bildinhalte besser genutzt werden kann (Leahy & Sweller, 2016). Ein niedrig gehaltener Extraneous Cognitive Load führt zu einem höheren Lernzuwachs, da den Lernenden mehr Arbeitsgedächtniskapazität für die Auseinandersetzung mit dem zu beobachtenden Phänomen bleibt.

Studiendesign und Methodik

An der Studie nahmen 820 Schüler*innen der Sekundarstufe I (50.1% weiblich, 49.9% männlich; $M = 13.7$ Jahre, $SD = 1.1$ Jahre) teil. Zur Messung des Wissens bzw. des Lernzuwachs wurde ein Konzepttest (Amacker et al., 2023) mit 15 Items eingesetzt, der die Schüler*innenvorstellungen und den Wissensstand zur Reflexion und Transmission von Licht und Infrarotstrahlung erhebt. Die Selbstwirksamkeitserwartung wurde mit Hilfe einer vierstufigen Likert-Skala mit 8 Items zur Messung der Selbstwirksamkeitserwartung beim Experimentieren nach Schroedter und Körner (2012) erhoben. Der Cognitive Load wurde unmittelbar nach jeder Versuchsdurchführung mittels dreier Items erhoben (Kalyuga et al., 1999; Klepsch et al., 2017; Paas, 1992), sowie am Ende der Intervention mittels des Fragebogens zur differenzierten Messung kognitiver Belastung von Klepsch et al. (2017). Zur Überprüfung der Zusammenhänge zwischen den Variablen wurden mit Hilfe des R Paketes lme4 (Bates et al., 2015) Random Intercept Modelle mittels REML (Restricted Maximum Likelihood) Schätzung gerechnet sowie multiple lineare Regressionen geschätzt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Random Intercept Modelle zur Selbstwirksamkeitserwartung zeigen, dass wenn es darum geht, im Konzepttest möglichst gut abzuschneiden, Schüler*innen mit einer hohen Selbstwirksamkeitserwartung die besten Ergebnisse mit den Bild-Text-Anleitungen erzielen ($\beta = 1.29$, $SE = .48$, $p = .007$). Wird hingegen das Ziel verfolgt, die Schüler*innen in ihrer Selbstwirksamkeit zu bestärken, sollte gerade auf Bild-Text-Anleitungen verzichtet werden. Bei deren Verwendung zeigte sich eine signifikant tiefere Einschätzung der Selbstwirksamkeitserwartung nach dem Workshopbesuch im Vergleich zu den Bild-Instruktions-Anleitungen ($\beta = -1.35$, $SE = .66$, $p = .041$) und im Vergleich zu den Video-Anleitungen ($\beta = -1.44$, $SE = .69$, $p = .038$).

Die Analysen zum Cognitive Load zeigen, dass die sachfremde kognitive Belastung bei den Anleitungsvarianten mit einer mündlichen Komponente signifikant höher ausfiel als bei den Bild-Text-Anleitungen (Bild-Instruktion: $\beta = 0.28$, $SE = .14$, $p = .042$; Video: $\beta = 0.38$, $SE = .15$, $p = .008$), was dem Modalitätsprinzip widerspricht. Zudem zeigte sich, dass die Anleitungsvariante allein die sachfremde kognitive Belastung zu beeinflussen vermag. Die Hypothese, dass mit Bild-Instruktions- und Video-Anleitungen der Cognitive Load möglichst niedrig gehalten wird, und die Lernenden dadurch ausreichend Arbeitszeitgedächtniskapazität für die Auseinandersetzung mit dem Phänomen zur Verfügung haben, wodurch die Lernleistung steigt, kann nicht bestätigt werden. Die statistischen Auswertungen zeigten keinen Effekt auf den Lernzuwachs durch den Cognitive Load ($\beta = 0.23$, $SE = .18$, $p = .205$).

Literatur

- Amacker, V., Lohse-Bossenz, H., Wilhelm, M. & Brovelli, D. (2023). Concept test on reflection and transmission in the range of visible and infrared optics. *International Journal of Science Education*. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2263917>
- Amacker, V., Wilhelm, M. & Brovelli, D. (2022). Entwicklung eines Workshops zur Infrarot-Optik nach dem Basismodell «Konzeptbildung». *Progress in Science Education*, 5(1), 61–75. <https://doi.org/10.25321/PRISE.2022.1283>
- Bandura, A. (1977). *Social learning theory*. Prentice-Hall.
- Barysch, K. N. (2016). Selbstwirksamkeit. In D. Frey (Hrsg.), *Psychologie der Werte* (S. 201–211). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-48014-4_18
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B. & Walker, S. (2015). Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1). <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
- Castro-Alonso, J. C. & Sweller, J. (2021). The modality principle in multimedia learning. In R. E. Mayer & L. Fiorella (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 261–267). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108894333.026>
- Fiorella, L. & Mayer, R. E. (2021). Principles for reducing extraneous processing in multimedia learning. In R. E. Mayer & L. Fiorella (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 185–198). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108894333.019>
- Höffler, T. N. & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. *Learning and Instruction*, 17(6), 722–738. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.09.013>
- Kalyuga, S., Chandler, P. & Sweller, J. (1999). Managing split-attention and redundancy in multimedia instruction. *Applied Cognitive Psychology*, 13(4), 351–371.
- Klepsch, M., Schmitz, F. & Seufert, T. (2017). Development and validation of two instruments measuring intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Frontiers in psychology*, 8, 1–18. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01997>
- Leahy, W. & Sweller, J. (2016). Cognitive load theory and the effects of transient information on the modality effect. *Instructional Science*, 44(1), 107–123. <https://doi.org/10.1007/s11251-015-9362-9>
- Leutner, D., Opfermann, M. & Schmeck Annett. (2014). Lernen mit Medien. In T. Seidel & A. Krapp (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (6., vollständig überarbeitete Aufl., S. 297–324). Beltz.
- Mautone, P. D. & Mayer, R. E. (2001). Signaling as a cognitive guide in multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 93(2), 377–389. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.93.2.377>
- Mayer, R. E. & Fiorella, L. (2021). Principles for managing essential processing in multimedia learning. In R. E. Mayer & L. Fiorella (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 243–260). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108894333.025>
- Mayer, R. E. & Moreno, R. (2012). Techniques that reduce extraneous cognitive load and manage intrinsic cognitive load during multimedia learning. In J. L. Plass, R. Moreno & R. Brünken (Hrsg.), *Cognitive Load Theory* (S. 131–152). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511844744.009>
- Moreno, R. & Mayer, R. E. (1999). Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity. *Journal of Educational Psychology*, 91(2), 358–368.
- Paas, F. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 84(4), 429–434.
- Schroedter, S. & Körner, H.-D. (2012). *Developing a Questionnaire to Measure Student's Self-Efficacy in Conducting Science Experiments*. Conference of the International Society of Psychology of Science and Technology.
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, 4(4), 295–312. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90003-5)