

***CHEMPION* im Test – Variablenkontrolle spielerisch digital fördern**

Hintergrund

Variablenkontrollstrategien (VKS) bilden einen grundlegenden Bestandteil des Experimentierprozesses als Methode, um kausale Zusammenhänge bzw. Ursachen-Wirkungs-Beziehungen zu untersuchen (Schwichow & Nehring, 2018).

Die Fertigkeit, ein Experiment systematisch unter Anwendung von VKS durchzuführen bildet daher ein Kernelement naturwissenschaftlichen Unterrichts und kann nach Schwichow und Nehring (2018, S. 219) in vier Teilkompetenzen unterteilt werden:

- *Planung* kontrollierter Experimente (PL)
- *Identifikation* kontrollierter Experimente aus einer Auswahl an kontrollierten und konfundierten Experimenten (ID)
- *Interpretation* der Befunde kontrollierter Experimente (IN)
- *Verständnis* der fehlenden Aussagekraft konfundierter Experimente (UN; englische Bezeichnung Understanding)

Obwohl diese Kompetenzen die Basis für die systematische Durchführung von Experimenten bilden, stellt die korrekte Anwendung von Variablenkontrollstrategien für viele Lernende, auch in höheren Jahrgangsstufen, eine große Herausforderung dar (Kleinhorst, 2013).

Die größten Schwierigkeiten haben Lernende dabei bei der *Planung* kontrollierter Experimente während die Teilkompetenz *Interpretation* den Lernenden am leichtesten fällt (Bullock & Ziegler, 1999; Brandenburger & Mikelskis-Seifert, 2019; Schwichow et al., 2016). Gezieltes Training zur Förderung von VKS-Kompetenzen kann hierbei Abhilfe schaffen und Teilfähigkeiten verbessern, insbesondere beim Erkennen (*Verständnis*) konfundierter Experimente (Peteranderl, 2023).

Das digitale Lernspiel *CHEMPION* setzt daher an diesem Punkt an und adressiert die Förderung ebendieser Kompetenzen. Bei dem digitalen Lernspiel handelt es sich um ein browserbasiertes Abenteuer-Rollenspiel (Adventure RPG), bei welchem Spielende in die Rolle eines Praktikanten/ einer Praktikantin bei der Firma *E-Laborate* schlüpfen. Im Rahmen des ersten Praktikumstags absolvieren Spielende eine Trainingseinheit zum Durchführen von Experimenten und Variablenkontrollstrategien und erhalten im Anschluss eine Aufgabe (Quest) zum Thema Galvanische Zelle, die zum erfolgreichen Abschließen des Levels gelöst werden muss. Dabei müssen Spielende im Rahmen unterschiedlicher Aufgaben die korrekte Anwendung von VKS im Umgang mit einer galvanischen Zellen-Simulation demonstrieren.

Die im Spiel umgesetzte Verbindung von Experimentieraufgaben und spielerischen Elementen verdeutlicht einen zentralen Vorteil digitaler Lernspiele: Sie verbinden Lernen mit Spielelementen und fördern so den Wissenserwerb und die Entwicklung kognitiver Fähigkeiten (Wouters et al., 2013). Weiterhin stellen digitale Lernspiele für Lernende eine aktive Lernform dar, um Phänomene realitätsnah zu erleben (Tobias & Fletcher, 2011).

Damit Lernende die Potenziale digitaler Lernumgebungen bestmöglich ausschöpfen können, spielt die Implementation unterstützender Elemente wie z.B. Hilfestellungen innerhalb der Lernumgebung eine zentrale Rolle (Zuo et al., 2023). In der Literatur kann dabei zwischen abrufbaren Hilfestellungen (on-demand hints) und automatisch eingeblendeten Hilfestellungen (embedded/proactive hints) unterschieden werden (Aleven et al., 2016).

Untersuchungen zeigen, dass Hilfestellungen, die selbständig, aktiv abgerufen werden müssen häufig nicht genutzt werden. Dieses Phänomen wird in der Literatur als „Help-Avoidance“ bezeichnet (Aleven, 2016). Zusätzlich zeigt sich, dass automatische Hilfestellungen nicht nur eine höhere Nutzungsrate, sondern ebenfalls eine höhere Lernwirksamkeit haben (Maniktala et al., 2020).

Forschung zu diesen unterschiedlichen Arten an Hilfestellungen in digitalen Lernspielen ist bislang kaum vorhanden (Wang et al., 2024) obwohl digitale Lernspiele aufgrund der Notwendigkeit einer Balance zwischen Autonomie und Kompetenzerleben (Self-Determination Theory: Deci & Ryan, 2000) einen besonders interessanten Untersuchungsgegenstand darstellen.

Daher ergibt sich für die folgende Studie die Forschungsfrage:

Welchen Einfluss haben die verschiedenen Arten der Hilfestellungen auf die Entwicklung von VKS-Kompetenzen und Fachwissen?

Methodik

Die vorliegende Studie wurde im Rahmen eines Schülerbesuchstags als Interventionsstudie durchgeführt. Die Datenerhebung erfolgte mithilfe eines Online-Fragebogens zu zwei Messzeitpunkten (Pre- und Post-Test). Zu Beginn der Intervention erhielten die Lernenden eine kurze Einführung in das Thema sowie eine Instruktion zum Ablauf. Anschließend wurde ein kurzer Trailer gezeigt, der zur Auseinandersetzung mit dem Lernspiel motivieren sollte. Direkt im Anschluss daran bearbeiteten die Teilnehmenden den Pre-Test, bevor sie das Lernspiel eigenständig durchführten. Dabei erhielt die Interventionsgruppe das digitale Lernspiel *CHEMPION* mit automatischen Hilfestellungen und die Kontrollgruppe mit abrufbaren Hilfestellungen. Nach dem Spielen des Spiels konnten die Lernenden unmittelbar mit dem Post-Test fortfahren.

Bei der Auswahl der Erhebungsinstrumente wurde überwiegend auf bereits validierte Skalen zurückgegriffen. Eine Ausnahme bildete der Bereich des Fachwissens zur galvanischen Zelle, für den ein eigenes Instrument entwickelt wurde. Im Pre-Test wurden demografische Daten, das Selbstkonzept (Büchner, 2008), VKS-Kompetenzen (Schwichow et al., 2016; Brandenburger & Mikelskis-Seifert, 2019) sowie das Fachwissen erfasst. Im Post-Test wurden zusätzlich die wahrgenommene kognitive Belastung (Klepsch et al., 2017), die Usability (Lund, 2001), die intrinsische Motivation (Wilde et al., 2009), die kognitiven Fähigkeiten (Heller & Perleth, 2000) sowie erneut das Fachwissen und die VKS-Kompetenzen (Schwichow et al., 2016; Brandenburger & Mikelskis-Seifert, 2019) erhoben.

Ergebnisse

Die Stichprobe umfasst insgesamt fünf Klassen mit $N = 110$ Lernenden der neunten Jahrgangsstufe mit $n = 53$ in Gruppe 1 (automatische Hilfestellungen) und $n = 57$ in Gruppe 2 (abrufbare Hilfestellungen). *Abbildung 1* zeigt die Anteile korrekt gelöster Items des

Fachwissens und der vier VKS-Teilkompetenzen getrennt nach Interventionsgruppen und Messzeitpunkten. In beiden Gruppen zeigen sich in allen Bereichen Anstiege mit Ausnahme der Teilkompetenz Interpretation (IN).

Im Bereich des Fachwissens verbessern sich die Leistungen der Lernenden sowohl in Gruppe 1 (G1) mit automatischen Hilfestellungen ($t(53) = 3.79, p < .001, d = 0.52$) als auch in Gruppe 2 (G2) mit abrufbaren Hilfestellungen ($t(50) = 2.91, p = .005, d = 0.41$) signifikant.

Bei den VKS-Kompetenzen sind die größten Lernzuwächse im *Verständnis* kontrollierter Experimente (UN) zu verzeichnen, das in beiden Gruppen hochsignifikant ansteigt (G1: $t(53) = 5.06, p < .001, d = 0.69$; G2: $t(50) = 3.90, p < .001, d = 0.55$).

Bei der Teilkompetenz *Planung* ist lediglich in der Gruppe mit abrufbaren Hilfestellungen ein signifikanter Leistungszuwachs festzustellen ($t(50) = 2.45, p = .018, d = 0.34$) während die Ergebnisse in der Gruppe mit automatischen Hilfestellungen lediglich einen geringen deskriptiven Anstieg zeigen. Für den Bereich *Identifikation* zeigen sich in beiden Gruppen nur geringfügige Verbesserungen ohne statistische Signifikanz. Die *Interpretation* der Befunde kontrollierter Experimente weist hingegen in beiden Gruppen einen leichten, nicht signifikanten Rückgang der zu Beginn bereits sehr hohen Kompetenzen auf.

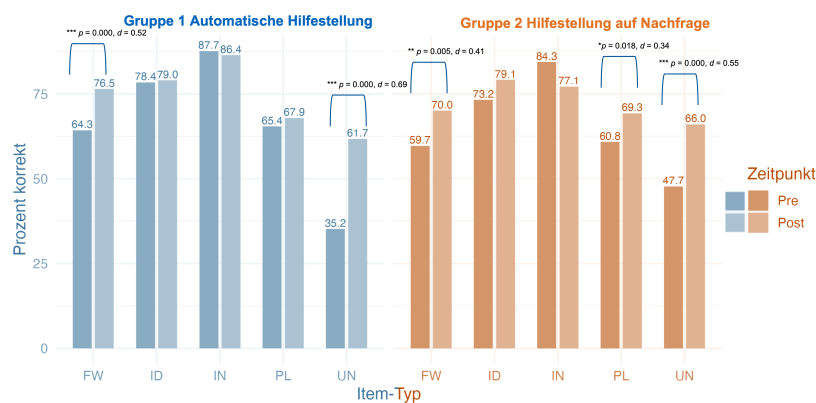


Abb.1: Grafische Darstellung Pre-Post-Vergleich. Anteil korrekter Antworttypen je Item-Typ in %.

Der statistische Vergleich der Differenzwerte mittels *t*-Test verdeutlicht, dass sich die Lernzuwächse zwischen der Gruppe 1 und der Gruppe 2 in keinem der erhobenen Bereiche signifikant unterscheiden (alle $p \geq .244$).

Diskussion & Ausblick

Die Ergebnisse zeigen, dass mithilfe des digitalen Lernspiels *CHEMPION* eine Förderung der VKS-Kompetenzen und des Fachwissens der Lernenden möglich ist. Unabhängig von der Variation in den Hilfestellungen (automatischen vs. abrufbar) konnten Lernzuwächse erzielt werden. Aufgrund der Seitenlimitierung war es lediglich möglich, einen Ausschnitt der Ergebnisse darzustellen. Die Studie wird derzeit in größerem Umfang mit 22 Schulklassen durchgeführt und um die bisherigen Befunde zu überprüfen und weiterführende Erkenntnisse zum Einfluss der Unterstützungsformen zu gewinnen.

Literatur

- Aleven, V., Roll, I., McLaren, B. M. & Koedinger, K. R. (2016). Help helps, but only so much: Research on help seeking with intelligent tutoring systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1), 205–223. <https://doi.org/10.1007/s40593-015-0089-1>
- Brandenburger, M. & Mikelskis-Seifert, S. (2019). Facetten experimenteller Kompetenz in den Naturwissenschaften. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe – Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik – Jahrestagung in Kiel 2018* (S. 77–80).
- Bullock, M. & Ziegler, A. (1999). Scientific reasoning: Developmental and individual differences. In F. E. Weinert & W. Schneider (Hrsg.), *Individual development from 3 to 12. Findings from the Munich longitudinal study* (S. 38–54). Cambridge University Press.
- Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). *Kognitiver Fähigkeitstest KFT 4–12+R: Handanweisung*. Göttingen: Beltz Test GmbH.
- Kleinhorst, H. (2013). KEMIEplus: Konzeption und Wirksamkeit von Experimentiereinheiten mit dem Schwerpunkt “naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen.” Ruhr-Universität Bochum.
- Klepsch, M., Schmitz, F. & Seufert, T. (2017). Development and validation of two instruments measuring intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Frontiers in Psychology*, 8, Article 1997. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01997>
- Lund, A. M. (2001). Measuring Usability with the USE Questionnaire. *Usability Interface*, 8(2), 3–6.
- Maniktala, M., Cody, C., Barnes, T. & Chi, M. (2020). Avoiding help avoidance: Using interface design changes to promote unsolicited hint usage in an intelligent tutor. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 30(4), 637–667. <https://doi.org/10.1007/s40593-020-00213-3>
- Schwichow, M., Christoph, S., Boone, W. J. & Härtig, H. (2016). The impact of sub-skills and item content on students’ skills with regard to the control-of-variables strategy. *International Journal of Science Education*, 38(2), S.216–237. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1137651>
- Schwichow, M. & Nehring, A. (2018). Controlling variables in biology, chemistry and physics. Higher competences through higher content knowledge? Empirical evidence from two studies. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, 24(1), 217–233. <https://doi.org/10.1007/s40573-018-0085-8>
- Peteranderl, S., Edelsbrunner, P. A., Deiglmayr, A., Schumacher, R. & Stern, E. (2023). What skills related to the control-of-variables strategy need to be taught, and who gains most? Differential effects of a training intervention. *Journal of Educational Psychology*, 115(6), 813–835. <https://doi.org/10.1037/edu0000799>
- Ryan, R. M. & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American psychologist*, 55(1), 68.
- Wang, W., Lee, H., Lin, C., Li, P., Huang, Y. & Wu, T. (2024). Enhancing students’ learning outcomes in self-regulated virtual reality learning environment with learning aid mechanisms. *British Journal of Educational Technology*, 56(1), 366–387. <https://doi.org/10.1111/bjet.13512>
- Wilde, M., Bätz, K., Kovaleva, A. & Urhahne, D. (2009). Überprüfung einer Kurzsкала intrinsischer Motivation (KIM). *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 31–45. <https://doi.org/10.25656/01:31663>
- Wouters, P. & Van Oostendorp, H. (2012). A meta-analytic review of the role of instructional support in game-based learning. *Computers & Education*, 60(1), 412–425. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.07.018>
- Zuo, M., Kong, S., Ma, Y., Hu, Y. & Xiao, M. (2023). The effects of using scaffolding in online learning: a meta-analysis. *Education Sciences*, 13(7), 705. <https://doi.org/10.3390/educsci13070705>