

Prompts zur kognitiven Aktivierung beim multimedialen Experimentieren

Motivation. Die komplexen Vorgänge des Schwimmens, Schwebens und Sinkens von Vollkörpern stellen für Schüler:innen eine Herausforderung dar, wenn es darum geht, das Dichtekonzept als Erklärungsansatz für dieses Phänomen zu verstehen (Hardy, Jonen, Möller & Stern, 2006). Ein Grund hierfür basiert auf den wissenschaftlich anspruchsvollen Konzepten, die das Schwimmen, Schweben und Sinken als ein komplexes Zusammenspiel von Variablen wie Gewichtskraft, Masse, Volumen, Dichte, Auftriebskraft und den damit verbundenen Prozessen modellieren (Perkins & Grotzer, 2005). Zudem haben Schüler:innen bei der selbstregulierten Planung von Experimenten offensichtlich Probleme, den Einfluss der unabhängigen Variablen (Volumen, Masse) auf die abhängige Variable (Schwimmverhalten von Vollkörpern in Wasser) unter Anwendung von adäquaten Experimentierstrategien (z.B. die Variablenkontrollstrategie (VKS)) systematisch zu untersuchen (Chen & Klahr, 1999; Zimmerman & Croker, 2013). Entsprechend stellt sich die Frage, wie Schüler:innen instruktional so unterstützt werden können, dass diese einerseits adäquate Experimentierstrategien beim Planen ihrer Experimente anwenden und zugleich das Schwimmen, Schweben und Sinken von Vollkörpern über das Konzept der Dichte nachhaltig besser verstehen.

Theoretische Rahmung. Metakognitive und kognitive Unterstützungsmaßnahmen, wie „Prompts“, können selbstreguliertes Lernen bedeutsam fördern (Bannert, 2009), was sich auch für die Lernform des selbstregulierten Lernens durch Experimentieren zeigen ließ (Künsting, et al., 2013). Prompts sind sogenannte Lernstrategieaktivatoren, die als nondirektiver Hinweis die Schüler:innen zur Nutzung metakognitiver und kognitiver Lernstrategien anregen sollen und in diesem Zuge zu einer metakognitiven bzw. kognitiven Aktivierung führen. Allerdings ist für den Beginn, die Aufrechterhaltung und den Erfolg selbstregulierter Lernprozesse ein Mindestmaß an Motivation erforderlich (Artelt & Wirth, 2014), auch können in diesem Zusammenhang einem hinreichend positiven Selbstkonzept der Schüler:innen lern- und leistungsförderliche Effekte zugeschrieben werden (Huang, 2011; Osborne, 1996).

Forschungsfragen. Mit einem entwickelten digitalen Lerncomic zum Thema Schwimmen und Sinken („Mission Aqua“) als simulations- und dialogbasierte Lernumgebung, die auch experimentierende Lernhandlungen zulässt (angelehnt an Künsting et al., 2013; Salim et al., 2023; s. Jungbluth et al., 2022; Jungbluth et al., 2023), wird im Wesentlichen zwei Forschungsfragen nachgegangen: (1) In einem ersten Schritt wird untersucht, ob durch das Design der Lernumgebung positive motivationale und selbstkonzeptsteigernde Voraussetzungen für eine erfolgreiche Selbstregulation beim Planungsprozess von Experimenten zur Untersuchung des Schwimmverhaltens von Körpern erzielt werden können. (2) Des Weiteren wird in den ersten Auswertungen überprüft, ob die Selbstregulation beim eigenständigen Experimentieren mit der Nutzung von VKS durch präsentierte metakognitive Impulse (Prompts) bedeutsam verbessert wird (z.B. im Sinne häufigerer VKS-Nutzung). Auswertungen zur kognitiven Promptwirkung, der Wissensakquise, und ob die Vorgabe von drei Beispielen mit intendierter VKS-Anwendung Einfluss auf die Promptwirkung nimmt, werden zukünftig folgen.

Methodik. *Stichprobe:* An der Pilotstudie nahmen $N=222$ Schüler:innen der fünften bis sechsten Jahrgangsstufe aus Baden-Württemberg teil (5. Klasse: $N=111$, 41.14 % weiblich, Alter ($M(SD) = 11.18(0.76)$); 6. Klasse: $N=111$, 55.85 % weiblich, Alter ($M(SD) = 12.01(0.77)$)). *Design:* Der Pilotstudie liegt ein experimentelles 2×2 -Design mit Randomisierung auf Individualebene und Prä-Post-Messung zugrunde. Mit den zwei Faktoren des Designs (I. Metakognitive Prompts, ja vs. nein; II. Kognitive Prompts, ja vs. nein) liegen zunächst vier Gruppen vor: Experimentalgruppe 1 (EG1, $N=43$) mit metakognitiven Prompts, EG2 ($N=42$) mit kognitiven Prompts, EG3 ($N=47$) mit metakognitiven und kognitiven Prompts sowie eine Kontrollgruppe (KG, $N=49$) ohne Prompts. Ergänzend zu diesen vier Gruppen wurde eine zusätzliche Kontrollgruppe ohne VKS-Beispiele (KGOB, $N=41$) getestet. (Normalverteilung der Schüler:innen auf die insgesamt fünf Gruppen: $\chi^2(4, N=222)=1.063, p=.900$). *Durchführung:* Im Prä-/Post-Design bearbeiteten die Schüler:innen zunächst einige Verfahren zur Erfassung demographischer Daten, des Interesses an Lerncomics am Beispiel „Mission Aqua“ (5 Items, $\alpha_{Prä/Post}=.99/.91$) sowie das naturwissenschaftliche Fähigkeitsselbstkonzept (adaptiert nach Mikelskis-Seifert & Duit, 2010; 9 Items; $\alpha_{Prä/Post}=.98/.91$). Hierbei wurde eine 4-stufige Likert-Skala* eingesetzt (0=„stimmt gar nicht“ – 3=„stimmt genau“). Im Anschluss wurde das verfügbare Strategiewissen zur Variablenkontrolle (adaptiert nach Brandenburger et al., 2022) und das (Vor)-Wissen (adaptiert nach Salim et al., 2023) zum Thema „Schwimmen, Schweben und Sinken“ erhoben, worauf im Rahmen des vorliegenden Dokuments nicht weiter eingegangen werden kann. Vor dem ersten und nach dem letzten Prompt in der Lernumgebung wurde die aktuelle Motivation der Lernenden erhoben (adaptiert nach Rheinberg et al., 2001; 4 Items (Interesse)*, $\alpha_{Prä/Post}=.87/.88$; 4 Items (Herausforderung)*, $\alpha_{Prä/Post}=.77/.81$).

Im Rahmen des oben erläuterten 2×2 -Designs wurden die Schüler:innen je innerhalb ihrer Klassen randomisiert den insgesamt fünf Gruppen zugewiesen. Anschließend arbeiteten die Schüler:innen in dem digitalen Lerncomic „Mission Aqua“ zum physikalischen Inhaltsbereich „Schwimmen, Schweben und Sinken von Vollkörpern“ (Jungbluth et al., 2022; Jungbluth et al. 2023). *VKS-Messung:* Zur Messung der VKS-Nutzung wurden die Lernenden aufgefordert, eigenständig ein Würfelpaar aus der Dichtematrix-Simulation zu wählen, um die vorgegebene Hypothese zu untersuchen. Die Auswahl des 4. Würfelpaares erfolgte zu zwei Messzeitpunkten (t_{VKS-1} = Untersuchung des Einflusses des Volumens auf das Schwimmverhalten, t_{VKS-2} = Einfluss der Masse). *Kognitive Prompts:* Um ein tiefes Verständnis über die später zu untersuchenden Variablen zu erlangen (Chang et al., 2008; Volumen, Masse), werden die Schüler:innen zur Nutzung wirksamer kognitiver Tiefenverarbeitungsstrategien angeregt. Hierbei soll durch kognitive Prompts einerseits das Vorwissen zu den Variablen aktiviert werden sowie die jeweilige Variable in Form einer Selbsterklärung nochmal in eigenen Worten erklärt werden („Überlege dir: Wie würdest du mir den Begriff Volumen in deinen eigenen Worten erklären?“). *Metakognitive Prompts:* Um die zu untersuchenden Variablen später in einem Experiment adäquat, im Sinne der VKS, zu untersuchen, brauchen Schüler:innen, gerade bei komplexen Themen wie das Schwimmverhalten von Vollkörpern, metakognitive Unterstützung bei der Planung ihrer Experimente, weshalb zwei metakognitive Prompts zur Unterstützung bei der Planung (z.B. „Wie könntest du die Würfel aussuchen, um den Einfluss des Volumens/der Masse zu untersuchen?“) des Experiments und später zur kritischen Reflexion über das vorherige geplante Experiment eingesetzt werden.

Ergebnisse. Lernförderliche Voraussetzungen. Schüler:innen schätzen ihre Fähigkeiten in den Naturwissenschaften vor der Intervention hoch ein ($1.79 \leq M \leq 1.90$), ebenso ihr Interesse

an Lerncomcis ($.95 \leq M \leq 1.36$) und die aktuelle Motivation ($1.93 \leq M \leq 2.22$), so dass davon ausgegangen werden kann, dass die Schüler:innen über ein erhöhtes Maß an Motivation und stärkerem Selbstkonzept verfügten, bevor sie mit dem selbstständigen Planen ihrer Experimente begannen (Maximalwert für alle Skalen = 3). Ein signifikanter Zuwachs des Interesses am Lerncomi ($F(1, 237) = 77.586, p < .001, \eta^2 = 0.247$) konnte in allen Gruppen gemessen werden ($F(4, 237) = 1.016, p = .400$). Das Selbstkonzept verblieb ohne signifikanten Zuwachs konstant in allen Gruppen auf hohem Niveau ($1.81 \leq M \leq 1.92$), während die aktuelle Motivation nur in der EG1 sig. anstieg, aber in der EG3 deskriptiv abnahm. VKS-Anwendung. Um mögliche Unterschiede zwischen den fünf Gruppen hinsichtlich ihres Planungsverhaltens zum Messzeitpunkt t1 und t2 zu identifizieren, erfolgte zunächst eine deskriptive Auswertung der VKS-Anwendung in den einzelnen Gruppen. Hierzu konnten bei der Wahl der Würfelpaare vier Experimentierstrategien identifiziert werden bei denen Lernende gar keine Strategie (k-S), keine VKS (k-VKS, z.B. nur Extremwertstrategie), die VKS mit falscher Variable (VKS-f) oder die VKS mit richtiger Variable (VKS-r) anwandten (s. Tabelle 1).

Tabelle 1: Häufigkeiten der Strategie-Anwendung pro Gruppe.

Strategien	EG1 (n)		EG2 (n)		EG3 (n)		KG (n)	
	t _{VKS-1}	t _{VKS-2}	t _{VKS-1}	t _{VKS-2}	t _{VKS-1}	t _{VKS-2}	t _{VKS-1}	t _{VKS-2}
k-S	10	8	13	13	8	11	15	16
k-VKS	2	1	1	2	5	0	0	0
VKS-f	5	8	7	4	2	4	4	6
VKS-r	10	11	15	13	8	14	14	15

Anmerkungen: k-S = keine Strategie, k-VKS = keine Variablenkontrollstrategie, VKS-f= VKS mit falscher Variable, VKS(r) = VKS mit richtiger Variable, t_{VKS-1}, t_{VKS-2} = Messzeitpunkt der VKS-Anwendung

Es zeigt sich deskriptiv, dass die metakognitiven Prompts zur intendierten Wirkung führten, die sich einerseits in der Häufigkeitszunahme für die VKS-Anwendung mit richtiger Variable in der EG1 zeigt und andererseits in der Abnahme für die Anwendung ohne VKS („keine VKS“) sowie gar keiner Strategie. Die positive Zunahme fällt am stärksten in der EG3 aus. Es kann vermutet werden, dass die vorherige kognitive Auseinandersetzung mit den zu untersuchenden Variablen (Chang et al., 2008) in Kombination mit der metakognitiven Unterstützung beim systematischen Planen ihrer Experimente zu einem besseren Verständnis der VKS und damit einhergehend zu ihrer Anwendung führte. Im Gegensatz zur EG1 nimmt die Anzahl der Anwendungen ohne Strategie („keine Strategie“) in EG3 zu, die möglicherweise auf einer Überforderung der Schüler:innen mit geringem Strategiewissen aufgrund der Verarbeitung verschiedener Promptarten beruht und/oder umgekehrt bei Schüler:innen mit hohem Strategiewissen zu lernhinderlichen Effekten geführt haben könnten (Expertise-Reverse-Effekt; Kalyuga, 2007). Zusammenfassend führt die Lernumgebung „Mission Aqua“ zu lernförderlichen Voraussetzungen für das selbstregulierte Lernen von Schüler:innen beim digitalen Experimentieren. Die metakognitiven Prompts und selbige in Kombination mit den kognitiven Prompts führen deskriptiv zu der intendierten Wirkung der adäquaten VKS-Anwendung.

Ausblick. Weitere Datenauswertungen u.a. der kognitiven Promptwirkung auf die Wissensakquise und das Strategiewissen im Bereich der Variablenkontrolle werden folgen. Zukünftige experimentelle Studien sollen die pilotierten kognitiver und metakognitiver Prompts in einem experimentellen 2x2-Design mit einer größeren Stichprobe untersuchen.

Literatur

- Artelt, C., & Wirth, J. (2014). Kognition und Metakognition. In: T. Seidel & A. Krapp (Hg.), *Lehrbuch Pädagogische Psychologie* (S. 167–192). Weinheim: Beltz
- Bannert, M. (2009). Promoting self-regulated learning through prompts. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23(2), 139-145
- Brandenburger, M., Salim, C. A., Schwichow, M., Wilbers, J., & Mikelskis-Seifert, S. (2022). Modellierung der Struktur der Variablenkontrollstrategie und Abbildung von Veränderungen in der Grundschule. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 28(1), 5
- Chang, K. E., Chen, Y. L., Lin, H. Y., & Sung, Y. T. (2008). Effects of learning support in simulation-based physics learning. *Computers & Education*, 51(4), 1486-1498
- Chen, Z., & Klahr, D. (1999). All other things being equal: acquisition and transfer of the control of variables strategy. *Child Development*, 70(5), 1098-1120
- Hardy, I., Jonen, A., Möller, K., & Stern, E. (2006). Effects of instructional support within constructivist learning environments for elementary school students' understanding of "floating and sinking.". *Journal of Educational Psychology*, 98, 307-326
- Huang, C. (2011). Self-concept and academic achievement: A metaanalysis of longitudinal relations. *Journal of School Psychology*, 49, 505–528.
- Jungbluth, J., Mikelskis-Seifert, S., & Künsting, J. (2022, September). *Schwimmen und Sinken verstehen durch eine digitale Comic-Lernumgebung*. Beitrag präsentiert an der 49. Tagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Aachen, Deutschland.
- Jungbluth, T., Mikelskis-Seifert, S., & Künsting, J. (2023). Schwimmen und Sinken digital verstehen. Untersuchung des Schwimmverhaltens von Körpern im Comic Lab "Mission Aqua." *MNU Journal*, 76(5), 407-413
- Kalyuga, S. (2007). Expertise reversal effect and its implications for learner-tailored instruction. *Educational psychology review*, 19, 509-539
- Künsting, J., Kempf, J., & Wirth, J. (2013). Enhancing scientific discovery learning through metacognitive support. *Contemporary Educational Psychology*, 38(4), 349-360.
- Mikelskis-Seifert, S., & Duit, R. (2010). Erfolgreicher unterrichten durch „Physik im Kontext“? Die Evaluation des Projektes: Evaluationsdesign und Ergebnisse. In: Duit, R., Mikelskis-Seifert, S: *Physik im Kontext. Konzepte, Ideen, Materialien für effizienten Physikunterricht*. Sonderband Unterricht Physik, 14-16
- Osborne, R. E. (1996). *Self: An eclectic approach*. Boston, MA: Allyn and Bacon
- Perkins, D. N., & Grotzer, T. A. (2005). Dimensions of causal understanding: The role of complex causal models in students' understanding of science. *Studies in Science Education*, 41(1), 117-165
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R., & Burns, B. D. (2001). FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen (Langversion, 2001). *Diagnostica*, 2, 57-66
- Salim, C. A., Schwichow, M. & Mikelskis-Seifert, S. (2023). Schwimmen und Sinken anhand einer Matrix verstehen. *MNU Journal*, 76(1), 32-35
- Zimmerman, C., & Croker, S. (2013). Learning science through inquiry. In G. Feist & M. Gorman (Eds.), *Handbook of the psychology of science* (pp. 49–70). New York, NY: Springer