

Katrin Schüßler¹
 Jenna Koenen²
 Elke Sumfleth¹

¹Universität Duisburg-Essen
²Humboldt-Universität zu Berlin

Lernprozesse beim Lernen mit Lösungsbeispielen im Chemieunterricht

Theoretischer Hintergrund

Die Vorteile des Lernens mit Lösungsbeispielen während des anfänglichen Wissenserwerbs sind aus verschiedenen Disziplinen bereits hinreichend erwiesen (für einen Überblick siehe Renkl, 2014). Auch für das Fach Chemie liegen bereits erste Ergebnisse zum Lernen mit Lösungsbeispielen vor (Koenen, 2014; Kölbach, 2011). Bisherige Studienergebnisse zeigen, dass Prompts für erfolgreiches Lernen mit Lösungsbeispielen von zentraler Bedeutung sind (für einen Überblick siehe Renkl, 2014 und Wylie & Chi, 2014). Wie Prompts gestaltet sein müssen, um Lernende optimal zu unterstützen, ist Gegenstand aktueller Forschung.

Forschungsfragen

Ziel dieser Studie ist es die Effektivität unterschiedlicher Promptingmaßnahmen beim Lernen mit Lösungsbeispielen im Chemieunterricht zu untersuchen.

FF1: *Führen inhaltlich-offene Prompts beim Lernen mit Lösungsbeispielen zu besseren Lernergebnissen als inhaltlich-fokussierte Prompts oder Lösungsbeispiele, die lediglich Basisprompts enthalten?*

FF2: *Wirken sich unterschiedliche Promptingmaßnahmen auf die empfundene kognitive Belastung und die Zufriedenheit mit dem Lernmaterial aus?*

Studiendesign

Untersucht wurden die Fragestellungen im Rahmen einer Interventionsstudie mit Prä-, Post-, Follow up-Design (siehe *Tabelle 1*, eine detailliertere Darstellung des Studiendesigns und der verwendeten Testinstrumente findet sich bei Schüßler, Koenen, & Sumfleth, 2015), an der 175 Schülerinnen und Schüler der 9. Klasse von sechs Gymnasien in Nordrhein-Westfalen teilnahmen. Während der Intervention erhielten alle Lernenden drei Lösungsbeispiele (ein Lösungsbeispiel pro Termin) zum Thema Säure und hatten 60 Minuten Bearbeitungszeit.

Tag 1	Prä-Test	Vorwissen
Tag 2	Intervention	Gruppe 1: Lösungsbeispiel (LB) mit 3-4 Basisprompts (BP)
Tag 3		Gruppe 2: Lösungsbeispiel mit 3-4 Basisprompts und 6-7 inhaltlich-fokussierten Prompts
Tag 4		Gruppe 3: Lösungsbeispiel mit 3-4 Basisprompts und 6-7 inhaltlich-offenen Prompts
Tag 5	Post-Test	Fachwissen

Tabelle 1

Lernmaterial

Die drei eingesetzten Lösungsbeispiele sind Bestandteil einer Sammlung von Lösungsbeispielen zu Themen des Chemieunterrichts der Sekundarstufe I (Schüßler, Emden, & Sumfleth, Veröffentlichung in Vorb.). Bei der Entwicklung dieser Lösungsbeispiele wurden Designprinzipien der *Cognitive Theory of Multimedia Learning* (Mayer, 2009) sowie Designprinzipien für Lösungsbeispiele (Renkl, 2013) berücksichtigt, um eine lernförderliche Balancierung der kognitiven Belastung zu realisieren. Im Fokus der drei eingesetzten Lösungsbeispiele steht das Lösen einer Säure in Wasser und die dabei ablaufende Protonenübertragung.

Ausgehend von den Annahmen des *self-explanation principles* (Wylie & Chi, 2014) zielen Basisprompts darauf eine aktive Beispielbearbeitung zu unterstützen. In Anlehnung an Stark (1999) stellen die Basisprompts kleine Anwendungsaufgaben dar, die die Lernenden lösen sollen, bevor ihnen auf der nächsten Seite die Musterlösung präsentiert wird.

Inhaltlich-fokussierte Zusatzprompts fordern die Lernenden der Gruppe 2 dazu auf, inhaltliche Aussagen an zentralen Stellen des Lösungsbeispiels miteinander zu vergleichen und zu bewerten. Der Abgleich von Aussagen soll eine intensivere Verarbeitung der Informationen anregen (D'Mello, Lehman, Pekrun, & Graesser, 2014). Diese Prompts haben den Vorteil, dass der Fokus der Lernenden auf zentrale Aspekte des Lösungsbeispiels gelenkt wird. Da Verständnisschwierigkeiten bei einzelnen Lernenden an unterschiedlichen Stellen auftreten können (Chi, 2000), fordern inhaltlich-offene Zusatzprompts die Lernenden der Gruppe 3 dazu auf, selbst zu entscheiden, welche Aspekte für sie in einem Abschnitt besonders wichtig sind, und diese intensiver zu betrachten.

Testinstrumente

Vorwissen und Fachwissen wurde durch einen Multiple-Choice Single-Select Test erhoben, der in Anlehnung an das Material entwickelt wurde (31 Items, $\alpha_{prä} = .537$, $\alpha_{post} = .842$). Während der Intervention wurde die Lernzeit erhoben. Außerdem wurden über 7-stufige Rating-Skalen nach jeder Lernphase die empfundene Aufgabenschwierigkeit (*Item Difficulty*, Kalyuga, Chandler, Tuovinen, & Sweller, 2001), die während der Lernphase investierte Denkanstrengung (*Mental Effort*, Paas, 1992) und die Zufriedenheit mit dem Lernmaterial erfasst („Die Arbeit mit dem Material hat Spaß gemacht“).

Ergebnisse

Für die Auswertung wurden nur Lernende mit vollständigen Datensätzen (5 Messzeitpunkte) berücksichtigt. Für diese Lernenden ($N = 138$, $M = 14.28$ Jahre ($SD = .66$), 55.10 % weiblich) wird durch die Intervention ein signifikanter Fachwissenszuwachs erzielt ($t(137) = 15.44$, $p < .001$, $d = 1.23$). Ein Vergleich der Gruppen ($n_{G1} = 45$, $n_{G2} = 46$, $n_{G3} = 47$) mithilfe einer ANOVA und anschließendem Post-hoc Vergleich (LSD) zeigt allerdings keine Gruppenunterschiede im Fachwissen ($F(2, 135) = 0.15$, $p = .858$, $\eta_p^2 = .002$). Die Arbeit mit den Lösungsbeispielen während der Intervention hat demnach einen großen positiven Effekt auf das Fachwissen unabhängig davon, welche Prompts die Lernenden erhalten haben. Die drei Promptingbedingungen sind daher zunächst als gleichwertig zu betrachten. Zusätzliche Prompts (Gruppe 2 und 3) erhöhen allerdings die Lernzeit signifikant gegenüber Gruppe 1 (nur Basisprompts) ($F(2, 135) = 9.80$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .127$; $G1 < G2$ ($p < .001$) und $G3$ ($p = .001$)). Unter Berücksichtigung der Lernzeit ist daher eine Kombination aus Lösungsbeispiel und Basisprompt zu bevorzugen.

Zur Beantwortung von Forschungsfrage zwei wurden mithilfe einer Varianzanalyse mit Messwiederholung und anschließendem Post-hoc Vergleich (LSD) zusätzlich die investierte Denkanstrengung und die empfundene Aufgabenschwierigkeit zwischen den Gruppen verglichen. Für die investierte Denkanstrengung zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Interventionsbedingungen ($F(2, 135) = 0.40$, $p = .673$, $\eta_p^2 = .006$). Die Lernenden scheinen demnach eine vergleichbare Denkanstrengung zu investieren, unabhängig davon, mit welchen Prompts sie lernen. Lernende der Gruppe 2 (inhaltlich-fokussierte Zusatzprompts) schätzen allerdings die Aufgabenschwierigkeit signifikant höher ein als Lernende der Gruppen 3 (inhaltlich offene Zusatzprompts) und 1 (nur Basisprompts) ($F(2, 135) = 4.20$, $p = .017$, $\eta_p^2 = .059$; $G2 > G1$ ($p = .033$) und $G3$ ($p = .007$)). Unter Berücksichtigung kognitiver Faktoren erweisen sich die inhaltlich-fokussierten Prompts durch die Erhöhung der empfundenen Aufgabenschwierigkeit bei ausbleibender Erhöhung von Denkanstrengung und Fachwissen als weniger effektiv.

Abschließend wurde die Auswirkung der drei Promptingmaßnahmen auf die Zufriedenheit mit dem Lernmaterial verglichen. Lernende der Gruppe 2 (inhaltlich-fokussierte

Zusatzprompts) sind signifikant unzufriedener mit dem Lernmaterial sind als die Lernenden der Gruppe 1 (nur Basisprompts) ($F(2, 135) = 2.67$, $p = .073$, $\eta_p^2 = .038$; $G2 < G1$ ($p = .031$)).

Zusammenfassend erweist sich die Kombination aus Lösungsbeispiel und Basisprompts als effizientestes Design. Zwar erreichen die Lernenden in den beiden Zusatzpromptbedingungen das gleiche Fachwissen, sie benötigen hierfür aber eine längere Lernzeit. Bei den inhaltlich-fokussierten Prompts kommt hinzu, dass die Lernenden die Aufgabe als schwieriger empfinden und unzufriedener mit dem Lernmaterial sind.

Relevanz und Ausblick

Die Überlegenheit der Lernbedingung mit Lösungsbeispiel und Basisprompts weist zunächst einmal darauf hin, dass zusätzliche Prompts und die damit einhergehende längere Lernzeit nicht zwangsläufig zu einer Verbesserung des Fachwissens führen. Auf Grundlage bisheriger Forschungsergebnisse (Renkl, 2014) ist anzunehmen, dass für eine aktive Beispielbearbeitung Selbsterklärungsprompts erforderlich sind, da Lernende mehrheitlich nicht spontan selbsterklären (Renkl, 1997). Angesichts des Verhältnisses von Textlänge und Prompts (3 bis 4 BPs pro LB, LB1: 2834 Wörter, LB2: 3714 Wörter, LB3: 2522 Wörter) ist es fraglich, wie groß der Einfluss der Prompts auf den Lernerfolg ist. Um zu überprüfen, ob die Basisprompts, wie erwartet, für eine aktive Beispielbearbeitung erforderlich sind, wird in einer Folgestudie aktuell geprüft, ob Lernende, die nur das Lösungsbeispiel erhalten, weniger Lernen als Lernende, die das Lösungsbeispiel mit Basisprompts erhalten.

Literatur

- Chi, M. T. H. (2000). Self-explaining expository texts: the dual process of generating inferences and repairing mental models. In R. Glaser (Hrsg.), *Advances in Instructional Psychology*, (161-238), Mahwah, NJ: Erlbaum.
- D'Mello S., Lehman B., Pekrun R., & Graesser A. (2014). Confusion can be beneficial for Learning. *Learning and Instruction*, 29(1), 153-170.
- Kalyuga, S., Chandler, P., Tuovinen, J. & Sweller, J. (2001). When problem solving is superior to studying worked examples. *Journal of Educational Psychology*, 93(3), 579-588.
- Koenen, J. (2014). *Entwicklung und Evaluation von experimentunterstützten Lösungsbeispielen zur Förderung naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen*. Berlin: Logos.
- Kölbach, E. (2011). *Kontexteinflüsse beim Lernen mit Lösungsbeispielen*. Berlin: Logos.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning – Second Edition*. New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. (2014). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In: R. E. Mayer (Hrsg.), *Cambridge Handbook of multimedia learning – second Edition*, (43-71). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- 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.
- Renkl, A. (1997). Learning from worked-out examples: A study of individual differences. *Cognitive Science*, 21(1), 1-29.
- Renkl, A. (2013). Towards an instructionally-oriented theory of example-based learning. *Cognitive Science*, 38(1), 1-37.
- Renkl, A. (2014). The Worked Example Principle in Multimedia Learning. In: R. E. Mayer (Hrsg.), *Cambridge Handbook of multimedia learning – second Edition*, (391-412). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Stark, R. (1999). *Lernen mit Lösungsbeispielen. Einfluss unvollständiger Lösungsbeispiele auf Beispielelaboratorien, Lernerfolg und Motivation*. Göttingen: Hogrefe.
- Schübler, Emden, & Sumfleth, (in Vorb.). Lösungsbeispiele für den Chemieunterricht der Sekundarstufe I. https://www.uni-due.de/chemiedidaktik/09_sonstiges_downloads_loesungsbeispiele.php
- Schübler, Koenen, & Sumfleth, 2015. Promptunterstütztes Lernen mit Lösungsbeispielen im Chemieunterricht, In: S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Bremen 2014* (570-572). Kiel, IPN.
- Wylie, R., & Chi, M. T. H. (2014). The Self-Explanation Principle in Multimedia Learning. In: R. E. Mayer (Hrsg.), *Cambridge Handbook of multimedia learning – second Edition*, (413-432). Cambridge, UK: Cambridge University Press.