

Alexandra SCHERMMANN, Ludwigsburg

Lernen mit Lösungsbeispielen beim Auswerten von Daten

1. Die Balance zwischen Instruktion und Exploration zwischen Fokussierung und Aktivierung

Lernen wird nach konstruktivistischer und kognitionspsychologischer Grundauffassung als ein individueller und zugleich aktiver Prozess verstanden. Zahlreiche Lehr-, Lernarrangements zielen darauf ab „aktives Lernen“ zu fördern. Häufig bleibt jedoch unklar, was darunter genau verstanden wird (Renkl, 2011). Auch führt das „Aktivieren“ nicht per se zu einem höheren Lernerfolg, zumal äußere Aktivität nicht gleich gesetzt werden kann mit „kognitiver Aktivierung“. Renkl (2011) nimmt stattdessen die Perspektive der fokussierten Informationsverarbeitung ein, die darauf abzielt die aktive Verarbeitung von Informationen auf zentrale Konzepte und Lernziele hin zu fokussieren.

Nicht nur aus kognitionspsychologischer, sondern auch aus didaktischer Sicht erscheint dieser Ansatz gewinnbringend: Schließlich müssen neue Inhalte in Schulcurricula immer in einer bestimmten Zeitspanne erarbeitet sein. Die Aktivitäten der Lernenden, seien es kognitive oder „händische“, sind typischerweise auf ein bestimmtes Lehr-/ Lernziel hin gebündelt. Diese Ziele bedingen, dass innerhalb des Schulsystems die Aktivitäten meist nicht „willkürlich“ von einem zum anderen Thema fließen können. Es soll also aktiv *und* fokussiert zugleich gelernt werden. Die Bündelung der Informationsverarbeitung funktioniert wie eine Art „Gerüst“ oder „Geländer“, an dem die Lernenden orientierend entlanggehen können. Jedoch sind schulische Lernprozesse immer auch Bildungsprozesse, die den „mündigen Bürger“ als Zielvorstellung haben, der in der Lage ist „sich seines eigenen Verstandes zu bedienen“. Aus diesem emanzipatorischen Erkenntnisinteresse heraus darf das Konzept der „fokussierten Informationsverarbeitung“ nicht einseitig die „Lenkung“ oder das „Führen“ betonen und hierfür missbraucht werden. Das aktive Tun und Handeln, das Explorieren in offenen Lernangeboten, das Problemlösen in unsicheren Situationen – das alles gehört genauso zum Bildungsprozess. Nicht immer kann und soll in solchen explorierenden Lernsituationen auf ein bestimmtes (vorgeplantes) Lernziel fokussiert werden. Vielmehr wird hier das Spektrum an Lernzielen aufgefächert. In diesem Sinne warnt auch Renkl (2011) vor einer ‚Überdidaktisierung‘ und betont, dass eine fokussierte Informationsverarbeitung nicht bedeutet, „dass das Wichtige den Lernenden immer ‚auf dem Tablett serviert‘ werden sollte.“ (S.29).

2. Das Lernen mit Lösungsbeispielen

Ein vielversprechender Ansatz, Lernende im Sinne der fokussierten Informationsverarbeitung zu aktivieren, stellt das Lernen mit Lösungsbeispielen dar. In zahlreichen Studien erwiesen sie sich als lernwirksam (vgl. dazu Hilbert, 2008). Insbesondere für Novizen und in gut strukturierten Domänen, wie beispielsweise in Physik oder in Mathematik, sind Lösungsbeispiele dem freien Problemlösen ohne Lösungsbeispiele überlegen (für einen Überblick vgl. Atkinson, Derry, Renkl, & Wortham, 2000).

Dennoch ist das Lernen mit Lösungsbeispielen kein Selbstläufer. Es zeigte sich, dass bestimmte Gestaltungs- und Einsatzrichtlinien lernförderlich sind. Beispielsweise sollten Zeichnungen und Berechnungen nicht separiert, sondern in einem integrierten Format dargestellt werden (Mayer & Moreno, 2003). Des Weiteren soll nicht an einem einzelnen Lösungsbeispiel, sondern an einer Sequenz aus mindestens zwei Lösungsbeispielen gelernt werden (Sweller & Cooper, 1985). Die Beispielsequenzen sollen dabei strukturbetont eingesetzt werden, so dass für die Lösung bedeutsame Merkmale hervortreten. Dies geschieht einerseits, indem verschiedene inhaltliche Kontexte für die gleichen Algorithmen verwendet werden und andererseits, indem dieselben Kontexte für verschiedene Algorithmen eingesetzt werden. Modulare Lösungsbeispiele, welche die Bedeutung einzelner Lösungsschritte für den gesamten Lösungsweg hervorheben, scheinen lernwirksamer zu sein als sogenannte „molare“ Lösungsbeispiele, die lediglich die einzelnen Lösungsschritte wiedergeben (Gerjets, Scheiter, & Catrambone, 2006).

Neben diesen von „außen“ durch die Lernumgebung gestalteten Intra-Beispiel- und Inter-Beispiel-Merkmalen wird zudem auf der individuellen Ebene unterschiedlich mit Lösungsbeispielen umgegangen. So fanden Chi et al. (1989) heraus, dass erfolgreiche Lerner sich die Lösungsbeispiele selbst erklären. Bei weniger erfolgreichen Lernern scheint dieser Vorgang nicht in Gang zu kommen. Letztlich laufen alle Forschungsbemühungen darauf hinaus, die Verarbeitungstiefe zu erhöhen und den Selbsterklärungseffekt hervorzurufen. Dies wurde beispielsweise versucht durch den Einsatz von unvollständigen Lösungsbeispielen (completion problems, fading) (Renkl, Atkinson, & Große, 2004) und in den letzten Jahren auch durch den (bewussten) Einsatz von Fehlern (Kopp, Stark, Heitzmann, & Fischer, 2009; Große & Renkl, 2007;). Hierbei scheint es günstiger zu sein, wenn die fehlerhaften Stellen markiert sind, der Lernende also nicht erst nach den Fehlern suchen muss.

3. Eine Interventionsstudie zum Auswerten von Daten

Da unvollständige und fehlerhafte Lösungsbeispiele bislang häufig in Laborstudien und mit älteren Lernenden (Oberstufenschüler, Studierende) eingesetzt wurden, interessiert in dieser Studie die Frage, wie lernwirksam diese Typen von Lösungsbeispielen im regulären Mathematikunterricht sind. Hierfür wurde eine Lernumgebung zur elfstündigen Unterrichtseinheit „Auswerten von Daten“ für die Klassenstufe 8 der Realschule konzipiert. Dabei wurde der gesamte Datenkreislauf von der Fragestellung über die Planung, die Erhebung und die Auswertung sowie das Schlussfolgern durchschritten (Wild & Pfannkuch, 1999). Insgesamt kamen vier Lösungsbeispiele zu folgenden Themen zum Einsatz: „Arithmetischer Mittelwert und Spannweite“ sowie „Median“, „Quartile“ und „Boxplots deuten“. Die Lösungsbeispiele waren so konzipiert, dass immer eine Sequenz von zwei Lösungsbeispielen pro Thema eingesetzt wurde. Im Sinne der modularen Lösungsstruktur wurden die einzelnen Lösungsschritte begründet und erläuternd dargestellt. Es kamen jeweils drei Typen von Lösungsbeispielen (Treatmentgruppen) zum Einsatz: vollständige, unvollständige und fehlerhafte Lösungsbeispiele. Jede Schulklasse wurde gleichmäßig – unter Berücksichtigung der Mathematiknote und des Geschlechts – in die drei Gruppen eingeteilt. Insgesamt nahmen sieben Schulklassen (N=200) teil. Die Probanden wurden post-hoc hinsichtlich ihres Vorwissens aufgeteilt. Das Vorwissen wurde über die aktuelle Mathematiknote operationalisiert (Note 1,0 bis 2,5 - „hohes Vorwissen“, Note zwischen 2,5 und 3,5 (ausschließlich) - „mittleres Vorwissen“, Note 3,5 (einschließlich) und schlechter - „niedriges Vorwissen“). Der Lernzuwachs wurde über einen fachinhaltlichen Test erhoben (pre, post, follow-up Erhebung). Anhand der bisherigen Forschungslage wurde ein stärkerer Lernzuwachs bei den unvollständigen bzw. fehlerhaften Lösungsbeispielen im Vergleich zu den vollständigen vermutet, da bei den ersteren der Selbsterklärungseffekt höher ausgeprägt sein dürfte. Außerdem wurde ein Interaktionseffekt zwischen dem Vorwissen und dem Lösungsbeispieltyp vermutet, wie er beispielsweise bei Große & Renkl (2007) auftrat. Demnach können Lernende mit hohem Vorwissen stärker vom Verbessern der Fehler profitieren als Lernende mit geringem Vorwissen. Die varianzanalytische Auswertung ergab einen Haupteffekt des Vorwissens. Demnach haben Lernende mit einer guten Mathematiknote einen signifikant höheren Wissenszuwachs als Lernende mit einer schlechten Mathematiknote ($\alpha=0,001$; $F=25,603$; partielles $\eta^2=0,239$). Es zeigte sich kein Haupteffekt des Typus Lösungsbeispiel (vollständig, unvollständig, fehlerhaft).

Für die Lösungsbeispiele zum Thema „Quartile“ und „Boxplots deuten“ wurden die Lernzeiten erhoben. Es zeigten sich signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) hinsichtlich der drei Typen von Lösungsbeispielen: die Lernenden verbrachten durchschnittlich am wenigsten Zeit mit den vollständigen (19,8 min.) und am meisten mit den unvollständigen Lösungsbeispielen (26 min.). Bei den fehlerhaften Lösungsbeispielen benötigten die Lernenden nur knapp 2 Minuten mehr als bei den vollständigen Lösungsbeispielen zum Thema „Quartile“.

Weitere Analysen z.B. hinsichtlich der Motivation, der mathematischen Selbstwirksamkeit und der subjektiv wahrgenommenen kognitiven Auslastung folgen. Über deren Ergebnisse wird dann auf der nächsten GDM-Tagung berichtet.

Literatur

- Atkinson, R. K., Derry, S., Renkl, A., & Wortham, D. (2000): Learning from examples: Instructional principles from the worked examples research. *Review of Educational Research*, 70, 181–214.
- Chi, M. T. H., Bassok, M., Lewis, M. W., Reimann, P., & Glaser, R. (1989): Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, 13, 145–182.
- Gerjets, P., Scheiter, K., & Catrambone, R. (2006): Can learning from molar and modular worked examples be enhanced by providing instructional explanations and prompting self-explanations? *Learning and Instruction*, 16, 104–121.
- Große, C. S., & Renkl, A. (2007): Finding and fixing errors in worked examples: Can this foster learning outcomes. *Learning and Instruction*, 17, 612–634.
- Hilbert, T. (2008): Learning cognitive skills from complex examples:: Extending the Rationale of Example-Bases Learning Beyond the Boundaries of Algorithmic Domains. Dissertation, Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg im Breisgau.
- Kopp, V., Stark, R., Heitzmann, N., & Fischer, M. R. (2009): Self-regulated learning with case-based worked examples: effects of errors. *Evaluation & Research in Education*, 22, 107–119.
- Mayer, R., & Moreno, R. (2003): Nine Ways to Reduce Cognitive Load in Multimedia Learning. *Educational Psychologist*, 91(4), 638–643.
- Renkl, A. (2011): Aktives Lernen in Mathematik: Von sinnvollen und weniger sinnvollen Konzeptionen aktiven Lernens. In Gesellschaft für Didaktik der Mathematik (Ed.), *Beiträge zum Mathematikunterricht. Vorträge auf der 45. Tagung für Didaktik der Mathematik* (pp. 23–30).
- Renkl, A., Atkinson, R. K., & Große, C. S. (2004): How fading worked solution steps works - a cognitive load perspective. *Instructional Science*, 32(1-2), 59–82.
- Sweller, J., & Cooper, G. (1985): The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra. *Cognition and Instruction*, 2(59-89).
- Wild, C., & Pfannkuch, M. (1999): Statistical Thinking in Empirical Enquiry. *International Statistical Review*, 67(3), 223–248.