

Alexander SALLE, Bielefeld

Argumentationsprozesse beim Lernen mit animierten Lösungsbeispielen

Lösungsbeispiele sind ein effektives instruktionales Mittel für das Lernen von Mathematik. Insbesondere in der Anfangsphase des Wissens- und Kompetenzerwerbs zeigen sie sich in zahlreichen Untersuchungen beispielsweise Problemlöse-Ansätzen weit überlegen. Dies konnte auch für animierte Lösungsbeispiele repliziert werden, wenn auch nicht in gleicher Deutlichkeit (Betrancourt, 2005). Letztere haben den Vorteil, Prozesse dynamisch repräsentieren zu können und so beispielsweise die Verarbeitung der Inhalte zu erleichtern (Rasch & Schnotz, 2006).

Aufgabenlösungen werden häufig mit einem eintönigen, kalkülorientierten Mathematikunterricht konnotiert, in dem die Übertragung der Algorithmen eines Lösungsbeispiels auf strukturgleiche Aufgaben in Einzelarbeit zentral ist. Untersuchungen, inwieweit Lösungsbeispiele¹ in Gruppenarbeiten und zur Förderung prozessbezogener Kompetenzen eingesetzt werden können, gibt es nur vereinzelt (Retnowati et al., 2010).

1. Selbsterklärungen

Ein neuralgischer Punkt beim Lernen mit Lösungsbeispielen ist die Verarbeitung durch die Lernenden – der Einsatz angemessener kognitiver Lernstrategien bestimmt maßgeblich über den Erwerb transferfähigen Wissens (Chi et al., 1989). Solche *Selbsterklärungen* sind aktive Wissenskonstruktionsprozesse, die eine sinnvolle Verarbeitung des Lernmaterials darstellen. Beispiele dafür sind das Verbinden von Lösungsschritten im Lösungsbeispiel, das Reparieren eigenen Vorwissens oder die Bedeutungsbestimmung von Operatoren oder Rechenausdrücken.

Studien legen nahe, dass Selbsterklärungen beim Verarbeiten von Lösungsbeispielen eher selten spontan auftreten (Renkl, 1997). Sie können jedoch beispielsweise durch Selbsterklärungsprompts hervorgehoben werden (Chi et al., 1994). Ein Selbsterklärungsprompt ist eine Frage oder eine Erklärungsaufforderung, die auf den inhaltlichen Kern des Lösungsbeispiels fokussiert. Die Wirkung von solchen Prompts auf die Leistung und das Auftreten von Selbsterklärungen ist gut untersucht (Roy & Chi, 2005). Ungeachtet dessen sind die Auswirkungen in Gruppensettings und auf inhaltliche Argumentationen kaum untersucht.

¹ Ausgenommen sind heuristische Lösungsbeispiele, da sie keine übliche Aufgabenlösung abbilden, sondern mit anderen Elementen angereichert sind (Reiss & Renkl, 2002).

2. Argumentieren

Seit der Formulierung der Bildungsstandards (KMK, 2003) hat die Bedeutung prozessbezogener Kompetenzen für den Mathematikunterricht in Deutschland auf breiter Ebene zugenommen. Argumentieren stellt hier eine zentrale Kompetenz beim Umgang mit mathematischen Inhalten dar.

Eine mögliche Definition von Argumentieren liefert Bezold (2012). Bei ihr bedeutet Argumentieren, „Vermutungen über mathematische Eigenschaften und Zusammenhänge [...] zu beschreiben (zu formulieren), diese zu hinterfragen sowie zu begründen bzw. hierfür eine Begründungsidee zu liefern“. Das Beschreiben von mathematischen Sachverhalten wird ausdrücklich als Teil des Argumentierens verstanden, da bereits das erfolgreiche sprachliche Erfassen einer Situation einerseits als Voraussetzung für anspruchsvollere Argumentationen zu sehen ist, und es andererseits für Schüler mit sprachlichen Schwierigkeiten oder ausgeprägten Leistungsdefiziten einen Erfolg darstellen kann (vgl. Bezold, 2012, S.77).

3. Anlage der Studie & Fragestellungen

Ausgehend von dieser Definition lassen sich Bestandteile von Argumentationen in die Kategorien *Beschreiben*, *Hinterfragen* und *Begründen* einteilen und quantitativ erfassen. Die Schülerinnen und Schüler arbeiteten zu zweit an Desktop-PCs und konnten in einer 2 x 90 minütigen Trainingsphase aus einem Pool von Lösungsbeispielen, unvollständigen Beispielen und Aufgaben das passende Lernmaterial auswählen. Während der gesamten Trainingsphase wurden die Lernenden videographiert. Die Lösungsbeispielphasen wurden in Stillarbeit, inhaltliche Gespräche, Lehrergespräch und Ablenkung eingeteilt.

Die Fragestellung dieses Beitrags nimmt die Auswirkung der Selbsterklärungsprompts auf das inhaltliche Argumentieren in den Fokus. Dafür sind zwei relevante Teilfragen zu klären:

- Mit welcher Häufigkeit treten die verschiedenen Kategorien von Argumentationen während der Bearbeitung der Lösungsbeispiele und der Selbsterklärungsprompts auf?
- Welche Auswirkungen hat das schriftliche Festhalten der Promptantworten auf die inhaltlichen Argumentationen?

4. Ergebnisse

Die Lösungsbeispiel- und Promptbearbeitung lässt sich in einem dreiphasigen Schema beschreiben. Phase 1 umfasst das Verarbeiten des Lösungsbeispiels, ohne dass der Prompt dabei gelesen oder berücksichtigt wird. Phase

2 beginnt mit dem erstmaligen Lesen des Prompts und enthält im Wesentlichen die Diskussion über die Antwort. In Phase 3 werden die diskutierten Antworten schriftlich festgehalten.

Während Phase 1 wird das Lösungsbeispiel Schritt für Schritt durchgegangen. Dabei arbeiten die Lernenden größtenteils still oder lesen die abgebildeten Sätze und Rechnungen vor (Abb. 1 links). Die wenigen inhaltlichen Gespräche dieser Phase bleiben oftmals auf einem beschreibenden Niveau, selten werden Sachverhalte hinterfragt oder begründet. In Abb. 1 rechts ist die Anzahl der in den Kategorien *Beschreiben*, *Hinterfragen* und *Begründen* kodierten Sinneinheiten abgebildet.

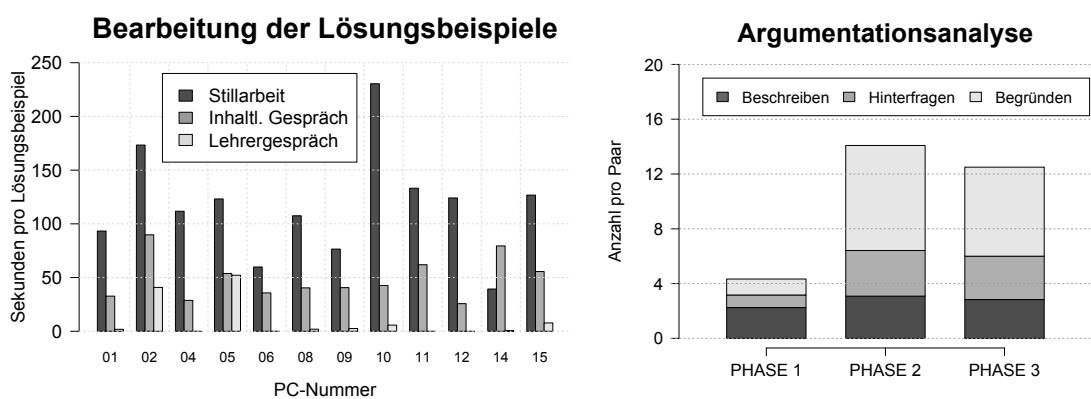


Abbildung 1: (links) Zeiten der Stillarbeit, inhaltlicher Gespräche und von Lehrergesprächen während der Bearbeitung der Lösungsbeispiele – (rechts) Anzahl der kodierten Sinneinheiten (*Beschreiben*, *Hinterfragen*, *Begründen*) in den Bearbeitungsphasen.

In Phase 2 erhöhen sich die Anzahl und der Anteil von Hinterfragen und Begründen an den kodierten Sinneinheiten stark. Der Selbsterklärungsprompt dient einerseits als „Stein des Anstoßes“ und zieht unmittelbare Begründungsversuche nach sich, andererseits folgen auch Diskussionen über andere relevante Begriffe, die zum Teil nur mittelbar mit der Promptantwort in Verbindung stehen.

Durch die in Phase 3 geforderte schriftliche Beantwortung der Selbsterklärungsprompts werden die in Phase 2 erstellten Sammlungen häufig präzisiert und während der Notation in eine sinnvolle lineare Struktur gebracht. Das Hinterfragen und Begründen dominiert Phase 3. Dabei lässt sich häufig ein metronomartiger Prozess beobachten, in dem Stillarbeits- und inhaltliche Gesprächsphasen alternieren.

5. Diskussion & Fazit

Im Hinblick auf die Frage nach aufgetretenen Kategorien lässt sich festhalten, dass in der Lösungsbeispielphase wenige Bestandteile von Argumentationen zu beobachten sind. Dabei handelt sich hauptsächlich um Beschrei-

bungen. Mit dem Lesen der Prompts wird Hinterfragen und Begründen angeregt, der Anteil der Beschreibungen bleibt klein. Dies setzt sich auch während des schriftlichen Festhaltens der Promptantworten fort.

Aus diesen Ergebnissen kann gefolgert werden, dass Selbsterklärungsprompts einen positiven Einfluss auf inhaltliche Argumentationen haben. Die Schülerinnen und Schüler werden konkret zu einer Begründung aufgefordert – dadurch werden Diskussionen angestoßen. Doch auch in der Schreibphase werden diese Gespräche oft fortgesetzt und enthalten viele Elemente des Hinterfragens und Begründens.

Selbsterklärungsprompts wirken sich nicht nur positiv auf das Auftreten von Selbsterklärungen – und somit den Lernerfolg – aus, wie vielfach in Studien repliziert wurde, sondern leisten auch einen Beitrag zum Hervorlocken von Argumentationen in Zweiergruppen und zur aktiven Verarbeitung von Lösungsbeispielen in Partnerarbeit.

Die Anordnung und Präzisierung von Argumenten während der Notation der Antworten führt weiterhin oftmals zur Aushandlung einer angemessenen Beantwortung der Prompts und bietet vielfältige Möglichkeiten zur Entfaltung von argumentativen und kommunikativen Kompetenzen.

Literatur

- Betrancourt, M. (2005). The Animation and Interactivity Principle in Multimedia-Learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 287–296). Cambridge, U.K.; New York: Cambridge University Press.
- Bezold, A. (2012). Förderung von Argumentationskompetenzen auf der Grundlage von Forscheraufgaben. *mathematica didactica*, 35, 73–103.
- 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.
- Chi, M. T. H., De Leeuw, N., Chiu, M.-H., & LaVancher, C. (1994). Eliciting Self-Explanations Improves Understanding. *Cognitive Science*, 18(3), 439–477.
- KMK - Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2003). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Mittleren Schulabschluss*. Neuwied: Luchterhand.
- Rasch, T., & Schnotz, W. (2006). Lernen ermöglichen - Lernen erleichtern: Was die Cognitive Load Theorie (wirklich) empfiehlt. In *Schulische Leistung - Grundlagen, Bedingungen, Perspektiven* (pp. 183–204). Münster: Waxmann.
- Renkl, A. (1997). Learning from Worked-Out Examples: A Study on Individual Differences. *Cognitive Science*, 21(1), 1–29.
- Retnowati, E., Ayres, P., & Sweller, J. (2010). Worked example effects in individual and group work settings. *Educational Psychology*, 30(3), 349–367.