

Alexander SALLE, Bielefeld

Lösungsbeispiele in interaktiven Lernumgebungen

In diesem Beitrag wird von den Vorarbeiten einer geplanten Studie berichtet, in der verschiedene Arten von Lösungsbeispielen zur individuellen Förderung in heterogenen Lerngruppen eingesetzt werden sollen. Inhaltlich befassen sich die Lösungsbeispiele mit elementaren Konzepten der Bruchrechnung, die in Klasse 5 oder 6 behandelt werden.

Nach der Einordnung des Lernens mit Lösungsbeispielen in die mathematik-didaktische Tradition und die psychologische Forschung werden bisherige Forschungsergebnisse umrissen. Die Spezifikationen dieser Arbeiten offenbaren Forschungsdesiderata, denen in der geplanten Studie nachgegangen werden soll. Anschließend wird die Entwicklung der verschiedenen Lösungsbeispiele der interaktiven Lernumgebung beschrieben. Zuletzt werden der Einsatz der Lernumgebung im Unterricht und gleichzeitig die Grundzüge des Designs der Studie skizziert.

1. Spannungsfelder und bisherige Studien

Ein Lösungsbeispiel besteht aus einer Aufgabenstellung, der Angabe von Lösungsschritten und der Lösung der Aufgabenstellung. Mathematik-Lehrende konnotieren mit dieser Art von instruktionalem Material oft passives und rezeptives Lernen. Häufig enthalten Lösungsbeispiele algorithmische und schematische Vorgehensweisen, die im weiteren Unterrichtsverlauf auf ähnliche Aufgabenstellungen angewendet werden sollen. Dies birgt die Gefahr einer lediglich oberflächlichen Verarbeitung und fördert nicht das tiefere Verstehen der Inhalte (vgl. Renkl, 1999). Ungeachtet dessen sind Lösungsbeispiele Bestandteil vieler Schulbücher und dienen zu Beginn eines Lernabschnitts der Darstellung einer typischen Aufgabenlösung bzw. der exemplarischen Anwendung eines Prinzips (z.B. Griesel, Postel & Suhr, 2007).

In den letzten Jahrzehnten hat sich der Mathematik-Unterricht gewandelt. Mit dieser Entwicklung wurden schematische Verfahren mehr und mehr geöffnet und der Fokus des Unterrichts liegt auf Lernumgebungen, die nach konstruktivistischen Gesichtspunkten konzipiert sind. Dadurch soll individuelles und aktives Lernen ermöglicht werden. Die Rolle, die Lösungsbeispiele in solchen Umgebungen spielen könnten, wurde bisher nur punktuell betrachtet und kaum aus mathematik-didaktischer Perspektive untersucht.

Im Gegensatz dazu finden Lösungsbeispiele schon seit längerer Zeit in der psychologischen Forschung Beachtung. Ihre Vor- und Nachteile sind in verschiedenen Studien, auch im Hinblick auf das mathematische Curricu-

lum an Schulen, untersucht worden (Zhu & Simon, 1987; Sweller & Cooper, 1985). Weiterhin ist auch der lernförderliche Umgang mit Lösungsbeispielen Gegenstand einer Vielzahl von Studien (Chi, Bassok, Lewis, Reimann & Glaser, 1989; Renkl, 1997). Durch die Verschmelzung verschiedener medialer Formate (Text, Ton, bewegtes Bild) und die individuelle Interaktion mit dem Rechner eröffnet sich weiterhin ein Horizont neuer Möglichkeiten für den Mathematik-Unterricht. Dies gilt insbesondere auch für Lösungsbeispiele. Prozesse lassen sich – anders als auf dem Papier – dynamisch darstellen und gleichzeitig durch den Nutzer steuern. Die Symbiose aus Multimedia-Learning und instruktionalen Lehrmethoden ist ein aktives Forschungsfeld, doch auch hier mangelt es an größeren und längerfristig angelegten Studien in Deutschland (vgl. Mayer, 2005).

2. Offene Fragen & Forschungsdesiderata

Betrachtet man die bisherigen Forschungsergebnisse, so stellt man fest, dass die meisten Studien Bedingungen unterliegen, die ihre Aussagekraft für den Mathematik-Unterricht einschränken. Häufig sind es punktuelle Untersuchungen, die lediglich sehr kleine Bereiche des mathematischen Curriculums fokussieren, beispielsweise mechanische Umformungen von algebraischen Gleichungen (vgl. Sweller & Cooper, 1985) oder Berechnungen von Wahrscheinlichkeiten in der Stochastik (vgl. Renkl, 1997). Es wäre interessant zu untersuchen, inwieweit Lösungsbeispiele zum Erwerb von Basiskompetenzen in längeren Unterrichtssequenzen und breiteren Kompetenzbereichen einsetzbar sind.

Viele der durchgeführten Studien, insbesondere auch im Bereich des Multimedia-Learning, sind im englisch-sprachigen Raum angesiedelt. Ergebnisse in Deutschland liegen hauptsächlich durch Publikationen von Renkl & Mitarbeitern vor. Sowohl im internationalen wie auch im deutschsprachigen Bereich finden sich häufig Laborstudien, der Einsatz im realen Mathematik-Unterricht wird nur in wenigen Studien untersucht (vgl. Betrancourt, 2005, S.292). Dabei sind gerade Ergebnisse zur Nutzbarkeit im Unterricht für Forscher und besonders Lehrende interessant.

Publikationen, die sich mit Lösungsbeispielen und Multimedia-Learning befassen, vernachlässigen oft eine didaktische Analyse der zugrundeliegenden instruktionalen Materialien (ebd.). Die Qualität dieser Materialien hat jedoch oft einen unmittelbaren Einfluss auf die erhobenen Daten und somit auch auf die Ergebnisse einer Studie.

Die Untersuchungen der Arbeitsgruppe Renkl & Reiss zu heuristischen Lösungsbeispielen beschränken sich größtenteils auf den Kompetenzbereich des Argumentierens und Beweisens (vgl. Renkl & Reiss, 2002). Inwieweit

sich die bisherigen Ergebnisse in anderen Themenbereichen bestätigen lassen ist eine weitere offene Frage.

3. Konzeption der Lernumgebung

In einer Arbeitsgruppe an der Universität Bielefeld wurden die Grundzüge einer Lernumgebung entwickelt, die als Grundlage für die spätere Studie dienen soll. Diese Lernumgebung enthält Sequenzen von Lösungsbeispielen zu den verschiedenen Themen der Bruchrechnung. Eine Sequenz besteht aus einem animierten Beispiel und zwei Lücken-Beispielen, bei denen die Schülerinnen und Schüler durch Auslassen bestimmter Lösungsschritte Teile der Lösung selbst erarbeiten müssen (vgl. Renkl, 1999, 252f). In den Lückenbeispielen werden Oberflächenmerkmale (Repräsentation, Kontext, etc.) des animierten Lösungsbeispiels variiert, um so die lösungsrelevanten Merkmale herauszustellen.

Die Konzeption der interaktiven und animierten Lösungsbeispiele folgt den Prinzipien des Instructional-Design, die in vielen psychologischen Studien repliziert wurden (vgl. Mayer, 2005). Diese Prinzipien dienen dazu, die lernirrelevante kognitive Belastung der Beispiele zu minimieren und die didaktische Gestaltung zu optimieren. Als theoretische Grundlage hierfür dient die Cognitive Load Theory, welche die kognitive Belastung des Arbeitsgedächtnisses beschreibt (vgl. Sweller, 1994).

Zum anderen wurden bei der Erstellung der Beispiele einschlägige Ergebnisse aus Studien zur Bruchrechnung berücksichtigt (u.a. Padberg, 2009). Die mathematik-didaktische Analyse der Lösungsbeispiele dient als Grundlage für die Bewertung der erhobenen Daten.

4. Ausblick auf die geplante Studie

Um erste Antworten auf die in Abschnitt 2 formulierten offenen Fragen bzw. Forschungsdesiderata zu bekommen, soll eine Feldstudie mit Schülerinnen und Schülern mehrerer fünfter Klassen einer Realschule durchgeführt werden.

Bisher wurden Lösungsbeispiele häufig als gemeinsame Instruktion zu Beginn einer Lerneinheit eingesetzt. Zu diesem Zeitpunkt verfügen alle Lernenden nur über geringes Vorwissen und sind im Bezug auf die folgenden Inhalte noch Novizen. Nach der Instruktionsphase wird dann zum Lösen von Aufgaben übergegangen. Diese Struktur liegt auch vielen Studien zugrunde, die die Effektivität von Lösungsbeispielen untersuchen.

In der geplanten Studie werden die Lösungsbeispiele auf eine andere Weise eingesetzt. Statt als gemeinsame Instruktion dienen die Beispiele als Materialien für eine individuelle Förderung in einer Übungsphase. Die Auswahl

der Lösungsbeispiele soll durch die Schülerinnen und Schüler erfolgen. Zu Beginn der Übungsphase haben sie die Aufgabe, sich mithilfe eines Selbstdiagnosebogens selbst einzuschätzen. Auf dieser Grundlage wählen sie die entsprechenden Beispiele aus der Lernumgebung aus und befassen sich mit den dazugehörigen Arbeitsaufträgen.

Es soll unter anderem untersucht werden, ob sich unter den Lernenden verschiedene Nutzertypen ausmachen lassen. Außerdem dienen die aufgeworfenen Forschungsdesiderata als Grundlage für weitere Fragen, denen in der geplanten Studie nachgegangen werden soll. Somit soll insgesamt ein Beitrag zu der Frage erbracht werden, inwieweit Lösungsbeispiele gewinnbringend für die individuelle Förderung einsetzbar sind.

Literatur

- Betrancourt, M. (2005): The Animation and Interactivity Principle in Multimedia Learning. In: Mayer, R. (Hrsg.): The Cambridge Handbook of Multimedia Learning. New York: Cambridge University Press, 287-296.
- Chi, M., Bassok, M., Lewis, M. W., Reimann, P. & Glaser, R. (1989): Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. In: Cognitive Science, 13, 145-182.
- Griesel, H., Postel, H. & Suhr, F. (2007): Elemente der Mathematik 5. Braunschweig: Westermann.
- Mayer, R. (Hrsg.) (2005): The Cambridge Handbook of Multimedia Learning. New York: Cambridge University Press.
- Padberg, F. (2009): Didaktik der Bruchrechnung. Heidelberg: Spektrum.
- Reiss, K. & Renkl, A. (2002): Learning to prove: The idea of heuristic examples. In: Zentralblatt für Didaktik der Mathematik, 34(1), 29-35.
- Renkl, A. (1997): Learning from worked-out examples: A study on individual differences. In: Cognitive Science, 31, 1-29.
- Renkl, A. (1999): Lernen aus Lösungsbeispielen. In: Perleth, C. & Ziegler, A. (Hrsg.): Pädagogische Psychologie – Grundlagen und Anwendungsfelder. Göttingen: Hans Huber Verlag, 247-256.
- Sweller, J. & Cooper, G. (1985): The Use of Worked Examples as a Substitute for Problem Solving in Learning Algebra. In: Cognition and Instruction, 2, 59-89.
- Sweller, J. (1994): Cognitive Load Theory, Learning Difficulty, and Instructional Design. In: Learning & Instruction, 4, 295-312.
- Zhu, X. & Simon, H. (1987): Learning Mathematics from Examples and by Doing. In: Cognition and Instruction, 4, 137-166.