



Ein Schwerpunktprogramm
der
DFG

Projektleitung

Prof. Dr. Alexander Renkl
Abt. Pädagogische Psychologie
Universität Freiburg

Prof. Dr. Kristina Reiss
Institut für Mathematik
Universität Augsburg

Mitarbeiter/-innen

Dipl.-Psych. Tatjana Hilbert

Kontakt

Tatjana Hilbert
Institut für Psychologie
Abteilung Pädagogische
Psychologie
Universität Freiburg
Engelbergerstr. 41
79085 Freiburg

hilbert@psychologie.uni-freiburg.de

Tel.: +49 (0) 761 203 3004
Fax: +49 (0) 761 203 3100

Internet

<http://www.psychologie.uni-freiburg.de/einrichtungen/Paedagogische/science/elm/1.html>

Lernen mit Lösungsbeispielen zu lehren

Forschungsziele

Ergebnisse der TIMS- und PISA-Studien belegen, dass dringend angezeigt ist, den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht an deutschen Schulen zu verbessern. Deutsche Schüler zeigen speziell bei anspruchsvolleren Aufgabenstellungen, die Verständnis oder Wissensanwendung erfordern, schwache Leistungen. In unserem Projekt haben wir uns zum Ziel gesetzt, die Verbreitung der Lehrmethode »Lernen aus Lösungsbeispielen« im Unterricht zu erhöhen. Sie hat sich in gut strukturierten Fächern wie Mathematik und Naturwissenschaften als eine Lernart erwiesen, die geeignet ist, das Verständnis der Schüler zu fördern.

Zu diesem Zweck entwickeln wir ein Lehrbuch mit begleitender Computer basierter Lernumgebung für Lehrende. Damit kann erlernt werden, wie im Unterricht effektives Lernen mit Lösungsbeispielen realisiert wird. Wir untersuchten dabei, ob die Bereitstellung unterschiedlicher Lernhilfen (angehende) Lehrer dabei unterstützt, sich entsprechendes Wissen anzueignen. Die Lernmaterialien sollen als vertiefende Unterstützung für Schulungen Verwendung finden.

Theoretischer und methodischer Ansatz

Speziell im Mathematikunterricht ergibt sich beim Einstieg in ein neues Thema häufig folgende Situation: Zunächst wird ein Prinzip oder ein Satz erarbeitet. Dies führt zu neuen Anwendungsmöglichkeiten, die nach der Erarbeitung als Regeln festgehalten werden. Dann folgt eine Phase der Anwendung des neuen Prinzips auf mathematische Problemstellungen und der Vernetzung des Neuen mit dem bisher Gelernten in unterschiedlichen Übungen. Dabei ist meist die Beherrschung von bestimmten Aufgabenklassen (z. B. Dreisatz) das Ziel. Diese Phase beginnt im Allgemeinen mit einem Lösungsbeispiel, das aufzeigen soll, wie das Prinzip oder die Regel angewandt werden kann. Nach dem Beispiel folgen Aufgaben, die von den Lernenden selbst gelöst werden sollen (Aufgabenlösen).

Zahlreiche empirische Studien haben gezeigt, dass bei einem solchen Vorgehen der Übergang vom Beispielstudium zum Aufgabenlösen zu schnell erfolgt. In vielen Fällen erweist es sich als günstiger, anhand von mehreren Beispielen das Verständnis für die Aufgabenlösungen zu vertiefen, bevor die Schüler beginnen, selbst Aufgaben zu lösen. In einer Feldstudie konnte gar gezeigt werden, dass es mit Hilfe Lösungsbeispiel orientierten Lernens möglich ist, ein Drei-Jahres-Mathematik-Curriculum in nur zwei Jahren durchzuarbeiten, ohne dass sich dadurch Leistungseinbußen einstellen.

Wenn wir also vom Lernen aus Lösungsbeispielen sprechen, so meinen wir nicht die üblicherweise kurze Lernphase zwischen der Einführung eines neuen Prinzips oder Satzes und dem Lösen von Rechenaufgaben. Es werden vielmehr die Lernprozesse und -effekte betrachtet, die auftreten, wenn statt nur eines Lösungsbeispiels mehrere verwendet werden, die Phase des Lösungsbeispielstudiums also verlängert wird.

Warum aber ist in aller Regel ein derartiges Lernen aus Lösungsbeispielen dem üblichen Vorgehen (ein Beispiel, dann Aufgaben) überlegen? Beim Lernen durch Aufgabenlösen verwenden die Schüler sehr viel Aufmerksamkeit darauf, die Aufgabe zu lösen, also »die richtige Zahl« zu finden. Inwiefern sie die Lösungsprinzipien auch verstanden haben, ist für die Schüler zweitrangig. Beim Lernen aus Lösungsbeispielen dagegen entfällt die Anforderung des Aufgabelösenden. Der Schüler kann sich ausschließlich auf das Verständnis der Lösung konzentrieren.

Der Einsatz von Lösungsbeispielen führt allerdings nicht automatisch zu besseren Lernergebnissen. Lernende profitieren nur dann von Beispielen, wenn es ihnen gelingt, sich klar zu machen, welche Logik hinter den präsentierten Lösungsschritten steht. Dies bedeutet, dass die Schüler sich die einzelnen Lösungsschritte aktiv selbst erklären müssen, um aus Lösungsbeispielen effektiv zu lernen (Konzept der *Selbsterklärungen*). Zudem sind auch verschiedene Merkmale der Gestaltung und Kombination von Lösungsbeispielen für den Lernerfolg von Bedeutung.

Bedeutung für die Praxis

Das beschriebene Projekt hat nicht zum Ziel gleichsam »revolutionäre« Veränderungen in der gängigen Unterrichtspraxis einzuführen. Vielmehr wird ein schrittweiser Zugang zur Überwindung aktueller Schwierigkeiten im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht gesucht.

Lernen mit Lösungsbeispielen kann mit relativ geringem Aufwand in die Unterrichtspraxis integriert werden, um das fachbezogene Verständnis der Schüler zu fördern. Mit Hilfe des von uns entwickelten Lernprogramms können die empirischen Befunde zur Thematik des Lernens mit Lösungsbeispielen ihren Weg in die Praxis des Unterrichts finden. Gleichzeitig lernen dabei die Lehrkräfte selbst anhand dieser Methode – nämlich durch Beispiele.

Bislang wurden vier Lernprogramm-Module entwickelt. Das endgültige Programm besteht aus verschiedenen Lerneinheiten zu den Themen Gestaltung von Lösungsbeispielen und Förderung von Lernstrategien beim Lernen aus Lösungsbeispielen. Es soll als Begleit-CD zu einem Lehrbuch und im Rahmen von Schulungen eingesetzt werden.

Verschiedene Studien überprüfen die Wirksamkeit des Lernprogramms. Die Weiterentwicklungen des Lernprogramms sowie die Planung der Lehrerschulungen werden auf der Basis der Ergebnisse von Bedarfsanalysen vorgenommen.

Studie 1

In der ersten Projektphase entwickelten wir ein erstes Modul unseres Lernprogramms, das Kenntnisse über zwei ausgewählte Beispielmerkmale vermittelte:

(1) Wenn ein Lösungsbeispiel aus mehreren Informationsquellen bestehen, wie z. B. Rechnung und Graphik, dann wird ein Abgleich notwendig. Die hierfür aufgewendete Aufmerksamkeit steht für den eigentlichen Lernprozess dann nicht mehr zur Verfügung. Dieser negative Effekt lässt sich vermeiden, indem man die Information der beiden Quellen integriert, d. h. das Lösungsbeispiel in ein so genanntes integriertes Format überführt.

(2) Bei der Behandlung eines bestimmten Problemtyps sollten immer mehrere Lösungsbeispiele verwendet werden. Sie sollten so kombiniert werden, dass bei einigen Beispielen jeweils dieselbe Struktur (Lösungslogik) zugrunde liegt und die Oberflächenmerkmale (z. B. die Zahlen und die Gegenstände in einer Textaufgabe) variieren. Die Lernenden können dann die verschiedenen Beispiele miteinander vergleichen und dabei lernen, welche Merkmale lösungsrelevant sind und welche nicht.

Mit diesem ersten Modul des Lernprogramms untersuchten wir die Bedeutsamkeit von Selbsterklärungen und Expertenerklärungen bei der Bearbeitung des Lernprogramms. Dazu erhielten Subgruppen der teilnehmenden Lehramtsstudierenden folgende Lernhilfen: (1) Aufforderungen zur Selbsterklärung, (2) die Möglichkeit, eine Expertenerklärung aufzurufen, (3) beide Lernhilfen, (4) keine der Lernhilfen.

Im Falle der Bedingung mit Aufforderungen zur Selbsterklärung wurden die Lernenden durch spezifische Fragen aufgefordert, sich die Vor- und Nachteile der dargestellten Beispiele und Beispielkombinationen selbst zu erklären. Wenn Expertenerklärungen zur Verfügung standen, konnten diese im Lernprogramm über einen Mausclick auf eine Schaltfläche aufgerufen werden. Diese Erklärungen wurden akustisch dargeboten. Inhaltlich beantworten die Expertenerklärungen die Fragen der Aufforderungen zur Selbsterklärung.

Hauptergebnisse

Durch die Bearbeitung des Lernprogramms verbesserten sich bei allen Teilnehmenden die Kenntnisse über Einsatz und Gestaltung von Lösungsbeispielen. Die Ergebnisse zeigten zudem, dass vor allem die Aufforderungen zur Selbsterklärung zu positiven Lernergebnissen führten. Generell waren auch die Expertenerklärungen von Vorteil.

Erhielten die Lernenden ausschließlich diese Form der Lernhilfe, erzielten sie bessere Lernerfolge als ohne Lernhilfe. Der Nachteil der Expertenerklärung lag jedoch darin, dass sie die Selbsterklärungsaktivität reduziert. Dies verminderte den Lernerfolg. Dementsprechend war das zusätzliche Angebot einer Expertenerklärung (in Ergänzung zu den Aufforderungen zur Selbsterklärung) eher hinderlich.

Dennoch zeigte ein Vergleich des objektiven, d. h. durch einen Test erhobenen Lernerfolgs mit der subjektiven, durch einen Fragebogen erhobenen Einschätzung der Lernenden, dass die Gruppe, die als Lernhilfe Expertenerklärungen erhielt, ihren eigenen Lernerfolg am höchsten einschätzte. Die Eigenaktivität, d. h. Selbsterklärungen wurde als weniger hilfreich erlebt als Expertenerklärungen.

Studie 2

Die Ergebnisse der ersten Studie führten nicht zu einer klaren Entscheidung für eine Art der Unterstützung. Einerseits erreichten Lernende, die ausschließlich mit Aufforderungen zur Selbsterklärung in ihrem Lernprozess unterstützt wurden das beste Lernergebnis, andererseits haben die Lernenden nicht das Gefühl, durch diese Methode optimal unterstützt worden zu sein. Zudem sind mit der ausschließlichen Aufforderung zu Selbsterklärungen auch einige Nachteile verbunden. So ist es z. B. möglich, dass die Selbsterklärungen zu oberflächlich bleiben oder gar falsch sind, worüber der Lernende selbst jedoch keine Kontrolle hat. Treten beim Lernenden zudem größere Verständnisschwierigkeiten auf, so ist er wahrscheinlich nicht in der Lage, diese selbständig aufzulösen und benötigt externe Hilfen.

Aus diesen Gründen wurde während der zweiten Projektphase eine weitere Studie durchgeführt, in der wir die Wirksamkeit einer neuen Kombination von Expertenerklärungen und Aufforderungen zur Selbsterklärung testeten. Die Lernenden wurden in dieser neuen Version des Lernprogramms in einem ersten Programmabschnitt durch Expertenerklärungen unterstützt und in einem zweiten Programmabschnitt zu Selbsterklärungen aufgefordert. Den Lernenden stand somit ein Modell für eine gute Erklärung zur Verfügung und sie konnten sich langsam über die Expertenerklärungen in das Thema einarbeiten. Dadurch wurde größeren Verständnisschwierigkeiten vorgebeugt. Wir verglichen diese neue Art der instruktionalen Unterstützung mit der im ersten Experiment erfolgreichsten Methode, dem ausschließlichen Auffordern zur Selbsterklärung.

Hauptergebnisse

Der Lernerfolg der beiden untersuchten Varianten der instruktionalen Unterstützung unterschied sich nicht. Jedoch war die Akzeptanz der kombinierten Unterstützung aus Expertenerklärungen und Aufforderungen zur Selbsterklärung höher. Der Nachteil der Expertenerklärungen, die in der ersten Studie dazu führten, dass die Selbsterklärungsaktivität geringer war, bestand in der zweiten Studie nicht mehr. Wir entschieden uns aufgrund dieser Ergebnisse das Lernprogramm mit der in dieser Studie getesteten Kombination aus Expertenerklärungen und Aufforderungen zur Selbsterklärung einzusetzen.

Bedarfsanalyse

Ziel für die derzeit laufende dritte Projektphase war es, das Lernprogramm zu Schulungszwecken einzusetzen. Das Schulungskonzept sollte an die Unterrichtspraxis und die in Bezug auf das Lehren mit Lösungsbeispielen zu verzeichnenden Defizite angepasst sein. Deshalb wurde in der zweiten Projektphase eine Bedarfsanalyse durchgeführt.

Um eine Übersicht über den derzeitigen Status von Lösungsbeispielen im deutschen Unterricht zu bekommen, wurden Videos aus dem deutschen Mathematikunterricht untersucht, die Inhalte von Schulbüchern analysiert und Interviews mit Lehrkräften über ihre Überzeugungen und Unterrichtspraktiken geführt.

Hauptergebnisse

Wir analysierten 13 Mathematiklehrbücher der achten und neunten Klasse, die in den Lehrplänen von Bayern, Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen empfohlen werden. Die Analyse der Schulbücher ergab, dass diese eine Fülle von sehr gut gestalteten Lösungsbeispielen, die im Unterricht eingesetzt werden können, enthalten. In der Regel wird jedoch nur ein einzelnes Beispiel nach der Einführung eines Prinzips dargeboten. Die Schüler werden auch nicht dazu angeregt, die präsentierten Lösungsbeispiele tiefer zu verarbeiten. Lösungsbeispiele werden also nicht in unserem Sinne als Lehrmethode aufgefasst, sondern dienen in den Schulbüchern lediglich der Veranschaulichung eines mathematischen Prinzips, bevor die Schüler Übungsaufgaben lösen sollen.

Obwohl die Schulbücher zu den meisten Themen ein Beispiel vorstellten, mussten wir bei der Analyse von 150 Videos der TIMS-Studie feststellen, dass beinahe die Hälfte der analysierten Unterrichtsstunden keinerlei Beispiel basierten Maßnahmen enthielten. Meist wurde auch nicht direkt mit Beispielen gelernt, sondern es wurde zunächst im Rahmen von Übungen oder gemeinsam mit der Klasse eine Aufgabe gerechnet und im Nachhinein besprach der Lehrer mit seinen Schülern den Lösungsweg. Dieses Vorgehen entspricht zwar nicht unseren Auffassungen von Beispiel basiertem Lehren, kam dieser jedoch am nächsten. Nur 2,3% der in den Unterrichtsvideos behandelten Beispiele waren Lösungsbeispiele, wie sie in der Forschung verstanden werden. Eine tiefere Verarbeitung der Beispiele wurde auch nur in den seltensten Fällen angeregt. Die Aufgabenlösungen wurden meist nur oberflächlich betrachtet, die Lehrer regten ihre Schüler üblicherweise nicht zur Selbsterklärung an.

Interviews mit 15 Mathematiklehrern weiterbildender Schulen bestätigten unseren Eindruck, dass die Auffassungen der Lehrer von Lösungsbeispielen von unserer und der in der Literatur verbreiteten »Philosophie« des Beispiel basierten Lehrens und Lernens erheblich abweicht. Lehrer sehen die Bedeutung von Beispielen primär in der Förderung der Rechenfertigkeiten und empfehlen den Einsatz vor allem bei schwächeren Schülern, sozusagen um den Lösungsweg zu kopieren. Unsere Interviewpartner kritisierten an Beispiel basierter Lehre vor allem, dass sie ihrer Meinung nach verhindere, dass Schüler eigene Lösungswege kreieren. Dies ist vor dem Hintergrund, dass sie eine Verständnisförderung durch Lösungsbeispiele für unwahrscheinlich halten, auch plausibel.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Sowohl die Analyse der Schulbücher als auch die Untersuchung der Unterrichtsvideos führten zu dem Schluss, dass in einer Lehrerschulung besonderes Gewicht auf die Verlängerung der Beispielphase gelegt werden muss. Zudem müssen Techniken zur Anregung der Eigenaktivität der Schüler beim Lernen aus Lösungsbeispielen vermittelt werden.

Aufgrund dieser Ergebnisse erweiterten wir das Lernprogramm um einen ausführlichen Einstieg in das Lehren und Lernen mit Lösungsbeispielen und um Module zum Einsatz von Selbsterklärungen und dem Fading, einer Technik, mit der der allmähliche Übergang vom Beispielstudium zum eigenständigen Aufgabenlösen unterstützt wird. Weitere Module des Lernprogramms, die wir derzeit entwickeln, betreffen den lernförderlichen Einsatz von Erklärungen durch den Lehrer sowie die Technik der bedeutungsvollen Lösungsbausteine, einer Methode, die es Schülern erleichtert, die wichtigen Zwischenziele in einem Lösungsbeispiel zu erkennen und es somit vereinfacht, die Lösungsprozeduren zu verstehen und auch auf neuartige Aufgaben anzuwenden.

Das Lernprogramm soll schließlich als Begleit-CD zu einem Lehrbuch für Lehrer dazu dienen, die eher theoretisch gehaltenen Inhalte des Lehrbuchs durch Beispiele und interaktive Übungen zu vertiefen. Dieses Lehrbuch und die CD sollen auch in den geplanten Lehrerschulungen eingesetzt werden.

Ausgewählte Veröffentlichungen:

- Renkl, A., Schworm, S. & vom Hofe, R. (2001). Lernen mit Lösungsbeispielen. In: *mathematik lehren*, 109, S. 14-18.
- Renkl, A., Schworm, S. & Hilbert, T. S. (2004). Lernen aus Lösungsbeispielen: Eine effektive, aber kaum genutzte Möglichkeit, Unterricht zu gestalten. In: J. Doll & M. Prenzel (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung*. Münster: Waxmann.
- Schworm, S. & Renkl, A. (2002). Lernen effektive Lösungsbeispiele zu erstellen: Ein Experiment zu einer computer-basierten Lernumgebung für Lehrende. In: *Unterrichtswissenschaft*, 30, S. 7-26.
- Schworm, S., & Renkl, A. (im Druck). Computer-supported example-based learning: When instructional explanations reduce self-explanations. In: *Computers & Education*.