

Renkl, Alexander; Schworm, Silke

## Lernen, mit Lösungsbeispielen zu lehren

*Prenzel, Manfred [Hrsg.]; Doll, Jörg [Hrsg.]: Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen. Weinheim : Beltz 2002, S. 259-270. - (Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft; 45)*

urn:nbn:de:0111-opus-39513

in Kooperation mit / in cooperation with:

# BELTZ

<http://www.beltz.de>

### Nutzungsbedingungen / conditions of use

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

### Kontakt / Contact:

**peDOCS**  
Deutsches Institut für Internationale Pädagogische Forschung (DIPF)  
Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft  
Informationszentrum (IZ) Bildung  
Schloßstr. 29, D-60486 Frankfurt am Main  
E-Mail: [pedocs@dipf.de](mailto:pedocs@dipf.de)  
Internet: [www.pedocs.de](http://www.pedocs.de)

Zeitschrift für Pädagogik · 45. Beiheft

# **Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen**

Herausgegeben von Manfred Prenzel und Jörg Doll

Beltz Verlag · Weinheim und Basel

Die in der Zeitschrift veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere Datenverarbeitungsanlagen, verwendbare Sprache übertragen werden. Auch die Rechte der Wiedergabe durch Vortrag, Funk- und Fernsehsendung, im Magnettonverfahren oder auf ähnlichem Wege bleiben vorbehalten. Fotokopien für den persönlichen oder sonstigen eigenen Gebrauch dürfen nur von einzelnen Beiträgen oder Teilen daraus als Einzelkopie hergestellt werden. Jede im Bereich eines gewerblichen Unternehmens hergestellte oder genützte Kopie dient gewerblichen Zwecken gem. § 54 (2) UrhG und verpflichtet zur Gebührenzahlung an die VG Wort, Abteilung Wissenschaft, Goethestr. 49, 80336 München, von der die einzelnen Zahlungsmodalitäten zu erfragen sind.

© 2002 Beltz Verlag • Weinheim und Basel  
Herstellung: Klaus Kaltenberg  
Druck: Druckhaus »Thomas Müntzer«, Bad Langensalza  
Printed in Germany  
ISSN 0514-2717

Bestell-Nr. 41146

# Inhaltsverzeichnis

<i>Jörg Doll/Manfred Prenzel</i> Einleitung in das Beiheft .....	9
<b>Teil I:</b>	
<b>Unterrichtsforschung in Mathematik</b>	
Förderung des mathematischen Verständnisses, Problemlösens und der Herausbildung zutreffender mathematischer Weltbilder von Schülerinnen und Schülern .....	31
<i>Kristina Reiss</i> Einleitung .....	32
<i>Christoph Wassner/Laura Martignon/Peter Sedlmeier</i> Die Bedeutung der Darbietungsform für das alltagsorientierte Lehren von Stochastik .....	35
<i>Kristina Reiss/Frank Hellmich/Joachim Thomas</i> Individuelle und schulische Bedingungsfaktoren für Argumentationen und Beweise im Mathematikunterricht .....	51
<i>Ingmar Hosenfeld/Andreas Helmke/Friedrich-Wilhelm Schrader</i> Diagnostische Kompetenz: Unterrichts- und lernrelevante Schülermerkmale und deren Einschätzung durch Lehrkräfte in der Unterrichtsstudie SALVE .....	65
<i>Rudolf vom Hofe/Reinhard Pekrun/Michael Kleine/Thomas Götz</i> Projekt zur Analyse der Leistungsentwicklung in Mathematik (PALMA). Konstruktion des Regensburger Mathematikleistungstests für 5.–10. Klassen .....	83

**Teil II:**

**Lehrerexpertise und Unterrichtsmuster in Mathematik und Physik**

Videografie von Unterrichtssequenzen in Mathematik und Physik: Diagnose, Analyse und Training erfolgreicher Unterrichtsskripts ..... 101

*Eckhard Klieme*

Einleitung ..... 102

*Martina Diedrich/Claudia Thußbas/Eckhard Klieme*

Professionelles Lehrerwissen und selbstberichtete Unterrichtspraxis im Fach Mathematik ..... 107

*Hans E. Fischer/Thomas Reyer/Tina Wirz/Wilfried Bos/Nicole Höllrich*

Unterrichtsgestaltung und Lernerfolg im Physikunterricht ..... 124

*Manfred Prenzel/Tina Seidel/Manfred Lehrke/Rolf Rimmele/Reinders Duit/  
Manfred Euler/Helmut Geiser/Lore Hoffmann/Christoph Müller/Ari Widodo*

Lehr-Lernprozesse im Physikunterricht – eine Videostudie ..... 139

*Helmut Fischler/Hans-Joachim Schröder/Cornelia Tönhäuser/Peter Zedler*

Unterrichtsskripts und Lehrerexpertise: Bedingungen ihrer Modifikation ..... 157

**Teil III:**

**Entwicklung und Evaluation von Unterrichtsmodulen und Trainingsprogrammen**

Schulische Lehr-Lernumgebungen und außerschulische Trainings zur Förderung fächerübergreifender Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern ..... 173

*Bernhard Schmitz*

Einleitung ..... 174

*Kornelia Möller/Angela Jonen/Ilonca Hardy/Elsbeth Stern*

Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung ..... 176

*Beate Sodian/Claudia Thoermer/Ernst Kircher/Patricia Grygier/Johannes Günther*

Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule ..... 192

<i>Elke Sumfleth/Elke Wild/Stefan Rumann/Josef Exeler</i>	
Wege zur Förderung der naturwissenschaftlichen Grundbildung im Chemie- unterricht: kooperatives Problemlösen im schulischen und familialen Kontext zum Themenbereich Säure-Base .....	207
<i>Tina Gürtler/Franziska Perels/Bernhard Schmitz/Regina Bruder</i>	
Training zur Förderung selbstregulativer Fähigkeiten in Kombination mit Problemlösen in Mathematik .....	222
<i>Claudia Leopold/Detlev Leutner</i>	
Der Einsatz von Lernstrategien in einer konkreten Lernsituation bei Schülern unterschiedlicher Jahrgangsstufen .....	240
<i>Alexander Renkl/Silke Schworm</i>	
Lernen, mit Lösungsbeispielen zu lehren .....	259
<b>Teil IV:</b>	
<b>Diagnose und Förderung von Interessen und Lernmotivation</b>	
Förderung des Interesses und der Motivation von Schülerinnen und Schülern für mathematisch-naturwissenschaftliche Fächer: Zum Einfluss schulischer und familiärer Lehr-Lernumgebungen .....	
	271
<i>Elke Wild</i>	
Einleitung .....	272
<i>Elke Wild/Katharina Remy</i>	
Quantität und Qualität der elterlichen Hausaufgabenbetreuung von Drittklässlern in Mathematik .....	276
<i>Annette Upmeyer zu Belzen/Helmut Vogt/Barbara Wieder/Franka Christen</i>	
Schulische und außerschulische Einflüsse auf die Entwicklungen von naturwissenschaftlichen Interessen bei Grundschulkindern .....	291
<i>Falko Rheinberg/Mirko Wendland</i>	
Veränderung der Lernmotivation in Mathematik: eine Komponentenanalyse auf der Sekundarstufe I .....	308

**Teil V:  
Einstellungen und Werte als förderliche oder hinderliche Bedingungen  
schulischer Leistungsfähigkeit**

Mathematisch-naturwissenschaftliche Fächer als Einstellungsobjekte: Einflüsse  
von Makro- und Mesoebene auf die Einstellungsbildung ..... 321

*Bettina Hannover*

Einleitung ..... 322

*Anna-Katharina Pelkner/Ralph Günther/Klaus Boehnke*

Die Angst vor sozialer Ausgrenzung als leistungshemmender Faktor?

Zum Stellenwert guter mathematischer Schulleistungen unter Gleichaltrigen ..... 326

*Bettina Hannover/Ursula Kessels*

Challenge the science stereotype! Der Einfluss von Technik-Freizeitkursen auf das

Naturwissenschaften-Stereotyp von Schülerinnen und Schülern ..... 341

*Juliane Strecker/Peter Noack*

Wichtigkeit und Nützlichkeit von Mathematik aus Schülersicht ..... 359

**Teil VI:  
Schulforschung**

Evaluation und Feedback auf Klassen- und Schulebene ..... 373

*Hartmut Ditton/Bettina Arnoldt/Eva Bornemann*

Entwicklung und Implementation eines extern unterstützenden Systems der

Qualitätssicherung an Schulen – QuaSSu ..... 374

Alexander Renkl/Silke Schworm

# Lernen, mit Lösungsbeispielen zu lehren

## 1. Einleitung

Wie alle Projekte des DFG-Schwerpunktprogramms BIQUA strebt auch das vorliegende Projekt an, mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht zu verbessern. Dieses Ziel kann über unterschiedliche Zugangsweisen verfolgt werden. An welchen Stellen, mit welcher Logik und Zielsetzung wir ansetzen, wird im Folgenden aufgezeigt.

Die prinzipielle Idee besteht darin, die Lernart „Lernen aus Lösungsbeispielen“, die experimentell sehr gut untersucht ist und die sich vielfach bewährt hat, Lehrenden näher zu bringen. Dies soll insbesondere über den Einsatz einer computer-basierten Lernumgebung erfolgen, in der Wissen über die Gestaltung von Lösungsbeispielen und deren produktive Verarbeitung durch Schüler mittels Selbsterklärungen vermittelt wird. Zudem sollen Feldstudien zum Transfer des im Lernprogramm erworbenen Wissens durchgeführt werden.

Um zu zeigen, wie sich dieses Projekt in das BIQUA-Schwerpunktprogramm einzuordnen ist, nehmen wir auf das mehrbenenanalytische Modell von Doll und Prenzel (in diesem Heft) Bezug. Unser Projekt setzt in erster Linie an den Lehrermerkmalen, speziell der Lehr-Expertise, an. Lehrenden soll Wissen über eine effektive Lernart, Lernen aus Lösungsbeispielen, vermittelt werden, das sie dann auch im Unterricht umsetzen können. Diese Umsetzung wird in Feldstudien untersucht. Insofern werden auch Unterrichtsprozesse mit einbezogen (siehe Doll/Prenzel in diesem Heft). Es wird explorativ analysiert, inwieweit bestimmte Kontextmerkmale des Unterrichts im Klassenzimmer (z.B. das Vorwissensniveau der Schüler, „Lerngewohnheiten“ der Schüler, Unterrichtsstil des Lehrers) die Anwendung der im Lernkontext erworbenen Kenntnisse behindern.

Auch der im mehrbenenanalytischen Modell (siehe Doll/Prenzel in diesem Heft) genannte Bereich der Lehr-Lernmaterialien wird durch das vorliegende Projekt berührt. Eine Grundvoraussetzung für effektives Lernen aus Lösungsbeispielen ist, dass gut gestaltete Beispiele bzw. gute Lernmaterialien im Unterricht verwendet werden. Die Lehrenden sollen im Lernprogramm zweierlei lernen: Sie sollen aus vorhandenen Lehrbüchern, Arbeitsblättern etc. geeignete Lösungsbeispiele auswählen können und sie sollen – wenn keine geeigneten Vorlagen zu finden sind – in der Lage sein, selbst günstige Lösungsbeispiele zu erstellen. Damit ist es auch ein Anliegen des vorliegenden Projekts, die Qualität der im Unterricht eingesetzten Materialien zu verbessern.

Als letzter wichtiger Bereich, an dem dieses Projekt ansetzt, sind die Lernstrategien der Schüler zu nennen. Dabei wird allerdings „nur“ eine spezielle Lernstrategie geför-



dert, nämlich Selbsterklärungen (zum effektiven Einsatz von Lernstrategien siehe Leopold/Leutner, in diesem Heft, bzw. zu Strategietraining siehe Gürtler u.a. in diesem Heft). Diese bezeichnen – zumindest im Kontext mathematisierter Inhaltsbereiche – Bemühungen von Lernenden, sich die Logik von Lösungsschritten klar zu machen. Lehrende sollen lernen, wie diese zu fördern sind. Wenn Lehrer bei ihren Schülern Selbsterklärungen fördern, ist dies für alle Inhaltsbereiche relevant, in denen auch Lösungsbeispiele verwendet werden können; dies sind insbesondere die Mathematik und die Physik. Zudem können Selbsterklärungen auch in produktiver Weise mit Problemlöseaktivitäten kombiniert werden (z.B. Neuman/Schwarz 1998).

Betrachtet man die Bereiche, auf die das vorliegende Projekt abzielt, so wird deutlich, dass keine radikale Veränderung der gängigen Unterrichtspraxis angestrebt wird. Eine „revolutionäre“ Zugangsweise würde radikale Veränderungen der gängigen Unterrichtspraxis anstreben (z.B. Einführung situierten Lernens oder problemorientierten Unterrichts) und dabei weitreichende Verbesserungen bei den Schülern anstreben etwa in den Facetten mathematisch-naturwissenschaftlicher Kompetenz, in Problemlösestrategien, in epistemologischen Überzeugungen, in Lernstrategien und in Motivation sowie Interesse (siehe mehrebenenanalytisches Modell von Doll/Prenzel in diesem Heft). Erstens besteht aber ein nicht ganz unerhebliches Problem darin, diese grundlegenden Veränderungen des Unterrichts zunächst einmal zu bewirken und dann aufrechtzuerhalten. Dies erfordert, wie entsprechende Erfahrungen zeigen, meist einen enormen Aufwand, der flächendeckend kaum betrieben werden kann (vgl. z.B. Cognition and Technology Group at Vanderbilt 1997). Zweitens fehlt es an stringenter empirischer Evidenz für die höhere Wirksamkeit dieser Unterrichtsmodelle.

Die hier gewählte „bescheidenere“, aber wohl realistischere Vorgehensweise setzt darauf, dass Lernen aus Lösungsbeispielen als ein Unterrichtsmodul vermehrt eingesetzt wird. Es sollen das fachbezogene Verständnis und die Lernstrategie „Selbsterklärung“ gefördert werden. Diese beiden Zielaspekte sind den Zielkriterien „Facetten der mathematisch-naturwissenschaftlichen Kompetenz“ und „Merkmale selbstregulierten Lernens im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht“ von Doll und Prenzel (in diesem Heft) zuzuordnen.

Zwei essenzielle Vorteile unserer Herangehensweise bestehen in folgenden Punkten: (1) Das Lernen aus Lösungsbeispielen ist empirisch sehr gut untersucht und seine Effektivität wurde vielfach belegt (für einen Überblick: Atkinson u.a. 2000). (2) Lernen aus Lösungsbeispielen ist relativ einfach im Unterricht zu implementieren, auch unter den zurzeit in Deutschland vorgegebenen Rahmenbedingungen schulischen Lernens.

Im Folgenden wird erläutert, was wir unter Lernen aus Lösungsbeispielen genau verstehen, warum es eine wichtige Lernart ist, und wie es effektiv zu gestalten ist. Die generelle Fragenstellung des vorliegenden Projekts sowie die spezifischen Fragen einer ersten experimentellen Studie werden anschließend vorgestellt. In dieser ersten Untersuchung wurden verschiedene Versionen eines computerbasierten Lernprogramms für Lehrkräfte zum Thema „Gestaltung von Lösungsbeispielen“ miteinander verglichen. Schließlich wird die Studie mit ihren Ergebnissen und Implikationen beschrieben.

## 2. Lernen aus Lösungsbeispielen

Lösungsbeispiele bestehen aus einer Problemstellung, Lösungsschritten und der endgültigen Lösung selbst. Derartige Beispiele findet man typischerweise in Mathematik- und Physikbüchern. Sie folgen meist der Erklärung oder Erarbeitung eines Prinzips oder eines Gesetzes. Das Lösungsbeispiel soll aufzeigen, wie das eingeführte Prinzip oder Gesetz angewandt werden kann. Nach dem Beispiel folgen meist Aufgaben, die von den Lernenden selbst gelöst werden sollen.

Unter Lernen aus Lösungsbeispielen versteht man aber nicht die üblicherweise kurze Lernphase zwischen der Behandlung eines Prinzips/Gesetzes o.Ä. und dem Lösen von Rechenaufgaben, in der meist nur ein Lösungsbeispiel behandelt wird. Es werden vielmehr die Lernprozesse und -effekte betrachtet, die auftreten, wenn statt nur eines Lösungsbeispiels mehrere verwendet werden und die Phase des Lösungsbeispielstudiums also verlängert wird. In der Regel ist ein derartiges Lernen aus Lösungsbeispielen dem üblichen Vorgehen (ein Lösungsbeispiel, dann Aufgaben) überlegen. Dies konnte eine Vielzahl von Untersuchungen zeigen (vgl. z.B. Sweller/van Merriënboer/Paas 1998). Dabei kann aus Lösungsbeispielen die „einfache“ Anwendung von Algorithmen oder Ähnlichem erlernt und darüber hinaus ein Verständnis der Lösungslogik erreicht werden, was Transferleistungen fördert.

Eine Erklärung für die Effektivität des Lernens aus Lösungsbeispielen besteht darin, dass bei einem „verfrühten“ Lernen durch Problemlösen viele kognitive Ressourcen durch Problemlöseaktivitäten gebunden werden. Dadurch steht weniger mentale Kapazität für den eigentlichen Lernprozess zur Verfügung, z.B. bei der Erarbeitung von Verständnis oder der Konstruktion abstrakter Schemata. Beim Lernen aus Lösungsbeispielen dagegen entfällt die Anforderung des Problemlösens. Es stehen für den eigentlichen Lernprozess ausreichend kognitive Ressourcen zur Verfügung (Weber u.a. 2001). Natürlich ist der Einsatz des Lernens aus Lösungsbeispielen kein Garant für hohen Lernerfolg. Wie viel im konkreten Fall aus Lösungsbeispielen gelernt wird, hängt insbesondere von den beiden folgenden Aspekten ab (Atkinson u.a. 2000): (1) Selbsterklärungen und instruktionale Erklärungen und (2) Gestaltung der Lösungsbeispiele. Diese beiden Faktoren werden in den folgenden Abschnitten diskutiert.

### 2.1 Selbsterklärungen und instruktionale Erklärungen

Lernende profitieren nur dann substanziell vom Lernen aus Lösungsbeispielen, wenn sie sich klarmachen, welches Rationale hinter den präsentierten Lösungsschritten steht. Dieses sollten sie sich optimalerweise selbst erklären und dadurch verständlich machen (Chi u.a. 1989; Renkl 1997; Renkl u.a. 1998). Es ist insbesondere förderlich, wenn Lernende sich den Sinn/Zweck einzelner Operationen vergegenwärtigen. Dies heißt, dass sie sich bewusst machen, welches (Zwischen-)Ziel mit einer Operation erreicht wird und/oder welches Prinzip bzw. welche Regel einer Operation zu Grunde liegt.

Es hat sich gezeigt, dass Selbsterklärungen von großer Bedeutung sind, während instruktionale Erklärungen (z.B. eines Lehrers, Tutors oder Lernprogramms) oftmals weniger wirksam sind, als ihre weite Verbreitung erwarten lässt (z.B. Stark u.a. 2001). Es ist vielfach günstiger, Selbsterklärungen anzuregen, als instruktionale Erklärungen zu geben (z.B. Chi 1996; zu einer ausführlichen Diskussion der Gründe für die oft mangelnde Effektivität von instruktionalen Erklärungen siehe Renkl 2002). Gleichwohl ist festzuhalten, dass ein alleiniges „Bauen“ auf Selbsterklärungsaktivitäten auch etliche Nachteile hat. Es kommt beispielsweise vor, dass die Lernenden sich bestimmte Schritte nicht erklären können oder dass sie falsche Selbsterklärungen geben (Renkl 2002).

Vor diesen Hintergrund entwickelte Renkl (2002) ein Set instruktionaler Prinzipien, mit denen sichergestellt werden sollte, dass die spontane Selbsterklärungsaktivität in produktiver Weise durch instruktionale Erklärungen unterstützt wird. Zwei zentrale Prinzipien sind dabei die Priorität der Selbsterklärungsaktivität (instruktionale Erklärungen lediglich als „Notfallhilfe“) und der Abruf der instruktionalen Erklärungen auf Lerneranforderung (d.h. keine von den Lernenden unerwünschte Vorgabe). Empirisch zeigte sich, dass derartige instruktionale Erklärungen den durchschnittlichen Lernerfolg steigerten (einschränkend muss jedoch festgehalten werden, dass dieser Effekt in erster Linie auf eine Untergruppe von Lernenden zurückging, die ein effektives Nutzungsmuster der instruktionalen Erklärungen zeigte).

Instruktionale Erklärungen der von Renkl (2002) eingesetzten Art können in Bezug auf Selbsterklärungen aber nicht nur positive, ergänzende und korrigierende Funktionen haben. Aus der Rückmeldefunktion von instruktionalen Erklärungen zu Selbsterklärungen kann auch ein Problem auftreten, das seit Langem in der Feedback-Forschung bekannt ist (z.B. Kulhavy 1977). Wenn Feedback, das die richtige Antwort enthält, leicht verfügbar ist, reduzieren Lernende typischerweise ihre Anstrengung, selbst auf die Antwort zu kommen. Sie neigen dazu, die richtige Lösung nachzusehen, statt sie selbst zu bestimmen, was den Lernerfolg beeinträchtigt. Dies bedeutet, dass die Bereitstellung instruktionaler Erklärungen die Selbsterklärungsaktivität reduzieren kann (im Sinne von „Ich kann es mir ja erklären lassen“).

Als Fazit ist festzuhalten, dass die förderliche Rolle von Selbsterklärungen für das Lernen aus Lösungsbeispielen als gesichert angesehen werden kann. Instruktionale Erklärungen können, müssen das Lernen aber nicht unterstützen.

## 2.2 *Gestaltung der Lösungsbeispiele*

Selbstverständlich ist es von Bedeutung, wie die einzelnen Lösungsbeispiele gestaltet sind (*Intra-Beispiel-Merkmale*). Im Kontext einer ersten Studie des vorliegenden Projekts wurde vor allem aufgegriffen, dass Lösungsbeispiele, die grafische und textuelle Informationen enthalten (z.B. in der Geometrie oder der Physik), vielfach ungünstig gestaltet sind (z.B. Tarmizi/Sweller 1988). Wenn ein Lösungsbeispiel aus mehreren Informationsquellen besteht, wird ein Abgleich notwendig, der kognitive Kapazität in Anspruch nimmt. Sie steht dann für den Lernprozess nicht mehr zur Verfügung. Dieser ne-

gative Effekt lässt sich vermeiden, indem die entsprechenden Lösungsbeispiele in ein *integriertes Format* überführt werden, d.h. Informationen aus verschiedenen Quellen gewissermaßen in eine Quelle integriert werden (Mwangi/Sweller 1998; Ward/Sweller 1990).

Neben der Gestaltung einzelner Lösungsbeispiele ist es für den Lernerfolg auch von Bedeutung, in welcher Form verschiedene Beispiele miteinander kombiniert werden (*Inter-Beispiel-Merkmale*). In der bereits erwähnten ersten Studie wird der Aspekt der *strukturbetonenden Beispielsequenz* fokussiert. Es handelt sich dabei um eine Sequenz von Beispielen, die insbesondere aufzeigt, dass bei Aufgaben trotz ähnlicher Oberflächenmerkmale (z.B. Zahlen, Gegenstände, grafische Elemente oder Variablenbezeichnungen) eine unterschiedliche Problemstruktur (Lösungslogik) zugrunde liegen kann. Damit wird das Problem aufgegriffen, dass Lernende die Ähnlichkeit von Aufgaben häufig nicht danach beurteilen, inwieweit ihnen die selben strukturellen Merkmale zu Grunde liegen, sondern hinsichtlich Übereinstimmungen zwischen den klar ersichtlichen Oberflächenmerkmalen. Als Konsequenz verwenden sie häufig einen falschen Lösungsweg, den sie von einer oberflächlich ähnlichen, aber strukturell unterschiedlichen Aufgabe kennen. Bei der Behandlung verschiedener, aufeinander bezogener Problemtypen (z.B. proportionale und antiproportionale Dreisatzaufgaben) sollen mehrere Lösungsbeispiele so zusammengestellt werden, dass lösungsrelevante, strukturelle Merkmale hervortreten. Dies wird erreicht, indem erstens in verschiedenen Beispielen eines jeweiligen Problemtyps unterschiedliche inhaltliche Einbettungen verwendet werden. Zweitens werden dann dieselben bzw. sehr ähnliche inhaltliche Einbettungen für einen anderen Problemtyp verwendet. Damit kann gezeigt werden, dass trotz ähnlicher Oberflächenmerkmale ganz unterschiedliche Strukturen zu Grunde liegen können (Quilici/Mayer 1996).

Natürlich gibt es noch zahlreiche andere Beispielmerkmale, die die Effektivität des Lernens aus Lösungsbeispielen beeinflussen. In einer ersten empirischen Studie dieses Projekts bzw. in dem Modul eines Computerlernprogramms, das in dieser Studie zum Einsatz kam, wurden jedoch vorerst exemplarisch nur das integrierte Format und die strukturbetonende Beispielsequenz als Lösungsbeispielmerkmale betrachtet.

### 3. Generelle Fragestellungen und Arbeiten des Projekts

Wie bereits erläutert, bezieht sich die Hauptfragestellung des Projekts darauf, wie man (künftigen) Lehrkräften Wissen über die effektive Gestaltung von Lösungsbeispielen vermitteln kann (zur Kompetenzerweiterung von Lehrern vgl. auch Fischler u.a. in diesem Heft). Damit könnten gut gesicherte Befunde aus der psychologischen Lehr-Lernforschung für die alltägliche Schulpraxis fruchtbar gemacht werden. Damit wäre ein substanzieller Beitrag zur Verbesserung der Qualität des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts geleistet.

Um dieses Ziel zu erreichen wird eine computer-basierte Lernumgebung erstellt, in der Lehrende Wissen darüber erwerben können, wie Lösungsbeispiele zu gestalten sind

und wie Schüler dazu angehalten werden können, die Lösungsbeispiele so zu verarbeiten, dass ihr Verständnis vertieft wird. Experimentelle Arbeiten dienen dazu, die Lernumgebung zu optimieren. Feldstudien gehen der Frage nach, inwieweit es Lehrenden gelingt, das über Lernen aus Lösungsbeispielen erworbene Wissen auch im Klassenzimmer einzusetzen. Auf der Basis der Feldstudienbefunde werden ggf. zusätzlich instruktionale Maßnahmen zur Transferförderung ergriffen.

#### 4. Ausgesuchte Fragestellungen eines ersten Experiments

Im Rahmen dieses Artikels können nur exemplarisch Fragestellungen einer empirischen Arbeit und entsprechende Befunde dargestellt werden. Es wurde ein erstes Modul eines computer-basierten Lernprogramms erstellt, in dem Lehrende Wissen über das integriertes Format und über strukturbetonende Beispielsequenzen erwerben konnten. Das Programm wurde verschiedenen Gruppen von Lehramtstudierenden vorgegeben (didaktisch versus fachwissenschaftlich orientiertes Studium), um zu erkunden, inwieweit es für unterschiedliche Zielgruppen geeignet ist.

In diesem Programmmodul werden Beispiele für günstig und ungünstig gestaltete Lösungsbeispiele vorgestellt. Die Lehrenden lernen also aus Beispielen von Lösungsbeispielen. Damit wird ein „pädagogischer Doppeldecker“ realisiert, d.h. der Lerninhalt stimmt mit der Lernmethode überein. Dieses Prinzip hat sich für Lehrerbildung als ein entscheidender Faktor erwiesen (Borko/Putnam 1996).

Wie bereits ausgeführt, ist beim Lernen aus Lösungsbeispielen die Selbsterklärungsaktivität der Lernenden von großer Bedeutung. Neben der Förderung von Selbsterklärungsaktivität können, um den Lernprozess zu unterstützen, instruktionale Erklärungen implementiert werden (Renkl 2002). Bei den Beispielen von (un-) günstig gestalteten Lösungsbeispielen in unserer computerbasierten Lernumgebung handelt es sich aus der Perspektive der Lehrenden jedoch nicht um Lösungsbeispiele im eigentlichen Sinn. Die Lehrkräfte sollen Wissen über die Gestaltung von Lösungsbeispielen erwerben. Für die Lösungsbeispielgestaltung können jedoch keine Lösungsschritte angegeben werden. Wir nennen Beispiele, bei denen keine Lösungsschritte vorhanden sind, gelöste Beispielprobleme. Es war zu untersuchen, ob bei diesem Beispieltyp Aufforderungen zur Selbsterklärung und die Bereitstellung von instruktionalen Erklärungen ebenso lernförderlich sind, wie sie es erwiesenermaßen bei Lösungsbeispielen (mit Problemstellung, Lösungsschritten und endgültiger Lösung) sind.

Spezifisch werden in dieser Arbeit die Befunde zu folgenden Forschungsfragen dargestellt:

- 1) Wirken sich, wie erwartet, Aufforderungen zur Selbsterklärung positiv auf die Lernleistung aus?
- 2) Gibt es einen positiven Effekt der instruktionalen Erklärungen auf die Lernleistung?
- 3) Reduziert die Verfügbarkeit instruktionaler Erklärungen die Selbsterklärungsaktivität und schlägt sich dies in der Lernleistung nieder?

## 5. Methode

### 5.1 Stichprobe und Design

Es nahmen 80 Lehramtstudierende an einem 2x2-faktoriellen Experiment teil (pro Zelle  $N = 20$ ): Faktor 1: Aufforderungen zur Selbsterklärung (mit und ohne), Faktor 2: instruktionale Erklärungen (mit und ohne). 47 Probanden waren Studierende der Pädagogischen Hochschule, 33 absolvierten ein Universitätsstudium. Während an der Pädagogischen Hochschule ein Schwerpunkt auf den pädagogisch-didaktischen Teilen der Lehrerausbildung gelegt wird, liegt beim Universitätsstudium der angehenden Gymnasiallehrer der Schwerpunkt im fachwissenschaftlichen Bereich. Bei der Analyse der in Reaktion auf die Selbsterklärungsaufforderungen vorgenommenen schriftlichen Elaborationen fehlten sechs Lernende (jeweils drei pro Zelle), bei denen auf Grund technischer Probleme keine entsprechenden Daten vorlagen.

### 5.2 Die Lernumgebung


Das Programmmodul enthielt eine kurze Einführung in das Lernen mit Lösungsbeispielen. Anschließend wurden Beispiele für Lösungsbeispiele bzw. für Sets von Lösungsbeispielen vorgegeben. Inhaltlich kamen Lösungsbeispiele aus der Geometrie und aus mathematisierten Bereichen der Physik zum Einsatz. Durch die Verwendung unterschiedlicher Inhaltsgebiete, aus denen die Lösungsbeispiele entnommen wurden, sollte die Transferierbarkeit der erworbenen Kenntnisse über verschiedene Bereiche der Mathematik und Physik hinweg erhöht werden.

Abbildung 1 zeigt eine exemplarische Seite aus dem Lernprogramm, wie es in der Gruppe mit Aufforderungen zur Selbsterklärung und zusätzlichen instruktionalen Erklärungen eingesetzt wurde. Die Bildschirmseite zeigt ein gelöstes Beispielproblem zum integrierten Format. Das gelöste Beispielproblem besteht aus zwei Lösungsbeispielen. Das linke Beispiel wird in einem fraktionierten, das rechte Beispiel in einem integrierten Format dargeboten. Beide Beispiele enthalten dieselbe Informationsmenge. Im fraktioniert formatierten Beispiel erfordert die Zuordnung von Information aus Rechnung, Text und Grafik ein hohes Maß an kognitiven Ressourcen. Diese Aufmerksamkeit steht nicht mehr für das Verständnis der Strahlensatzaufgabe zur Verfügung.

Die *Aufforderungen zur Selbsterklärung* bestanden aus Aufforderungen, schriftlich in entsprechende Textfelder Begründungen dafür einzugeben, warum bestimmte Lösungsbeispiele günstig oder auch ungünstig sind (siehe Abb. 1). Die *instruktionalen Erklärungen*, die von den Lernenden bei Bedarf aufgerufen werden konnten, waren gleichsam Antworten auf die Aufforderungen zur Selbsterklärung. Sie waren über die Schaltfläche, die das Portrait eines fiktiven, im Programm eingeführten Expertenlehrers zeigte, aufzurufen (siehe Abb. 1). Entsprechend einschlägigen Befunden zur Multimedia-Forschung (z.B. Mayer 1997) wurden die instruktionalen Erklärungen akustisch dargeboten.

Die Zeichnung zeigt die sogenannte Schattenmethode zur Bestimmung der Höhe eines Baums. Verglichen wird hier die Schattenlänge des Baums mit der eines Wanderers. Bestimme die Höhe des Baums.

**Fraktioniertes Format**



Der Schatten des Baums (c+d) ist 25m lang. Der Wanderer (a) wirft bei einer Größe von 1,80m einen Schatten (c) von 1,50m.

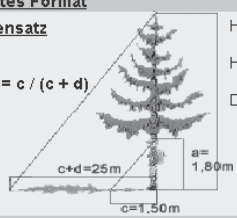
**1 Strahlensatz:**  
 $a / b = c / d$   
 oder  
 $a / (a + b) = c / (c + d)$

$H = a * (c + d) / c$   
 $H = 1,80 * 25 / 1,5$   
 $H = 30$

Der Baum ist 30 m hoch.

**Integriertes Format**

**1. Strahlensatz**  
 $a / b = c / d$   
 oder  
 $a / (a + b) = c / (c + d)$



$H = a * (c + d) / c$   
 $H = 1,80 * 25 / 1,50$   
 Der Baum ist 30 m hoch.

Bei welchem Beispiel fällt es Michaela leichter, die gegebenen und gesuchten Strecken in der Abbildung zu identifizieren? Warum?

Bei welchem Beispiel kann Michaela besser über die Abbildung ein Verständnis über den Zusammenhang der Größen a, b, c und d bekommen? Warum?






Abb. 1: Exemplarische Seite eines gelösten Beispielproblems mit Aufforderung zur Selbsterklärung und Möglichkeit, über eine Schaltfläche eine instruktionale Erklärung aufzurufen.

### 5.3 Versuchsablauf

Die Untersuchung erfolgte in Einzelsitzungen, die etwa drei Stunden in Anspruch nahmen. Das Lernprogramm begann mit einem Lehrtext zu den grundlegenden Prinzipien des Einsatzes, der Gestaltung und der Kombination von Lösungsbeispielen im Unterricht. Anschließend wurden den Lehramtstudierenden im Lernprogramm günstige und ungünstige Lösungsbeispiele dargeboten. Merkmale des Lernprozesses wurden bei den Gruppen mit Aufforderungen zur Selbsterklärung über das Aufzeichnen der schriftlichen Eingaben erfasst. Ein Nachtest erfasste den Lernerfolg.

### 5.4 Materialien und Instrumente

#### Die Auswertung der schriftlichen Selbsterklärungen

Bei der Bearbeitung des Lernprogramms wurden die Lernenden der Bedingungen, die Aufforderungen zur Selbsterklärung beinhalteten, insgesamt dreizehnmal aufgefordert, ihre Gedanken in einem dafür vorgesehenes Textfeld zu notieren. Die schriftlichen



Selbsterklärungen wurden nach einem spezifisch entwickelten Kodiersystem ausgewertet (zu Details siehe Schworm/Renkl 2002). In dieser Arbeit wird lediglich ein Gesamtwert für die Elaborationsaktivität verwendet.

### Nachtest: Erfassung der Lernleistung

Lehrende stehen vor der Anforderung, aus Lehrmaterial (Schulbüchern, Arbeitsblättern etc.) Geeignetes auszusuchen. Falls keine guten Materialien vorhanden sind, sollten Lehrende diese selbst erstellen können. Deshalb bestand der Nachtest aus zwei Arten von Aufgaben. Erstens mussten aus vorgegebenen Lösungsbeispielen geeignete ausgewählt (integriertes Format) bzw. zusammengestellt (strukturbetonende Beispielsequenz) werden. Zweitens hatten die Teilnehmenden eine strukturbetonende Beispielsequenz zu generieren, wobei die einzelnen Beispiele im integrierten Format zu gestalten waren; die entsprechende Leistung wurde nach vordefinierten Kriterien bewertet.

## 6. Ergebnisse

Insgesamt konnten im Nachtest 34 Punkte erreicht werden, das Gesamtmittel lag bei 23,20 ( $s = 5,67$ ). Es ergaben sich damit weder Boden- noch Deckeneffekte. Eine qualitative Inspektion der Nachtestdaten zeigte, dass die meisten Teilnehmenden die prinzipiellen Aspekte effektiver Beispielgestaltung verstanden hatten. Schwierigkeiten gab es bei der präzisen Umsetzung, insbesondere wenn Lösungsbeispiele selbst generiert werden mussten.

Die beiden Unterbereiche des Nachtests wurden zu einem Gesamtwert zusammengefasst, da sich vergleichbare Ergebnismuster zeigten und die Werte zudem signifikant positiv korrelierten ( $r = .31$ ;  $p < .05$ ).

*Tab. 1: Mittelwerte (Standardabweichungen) des Nachtests und der schriftlichen Elaborationen in den vier experimentellen Gruppen*

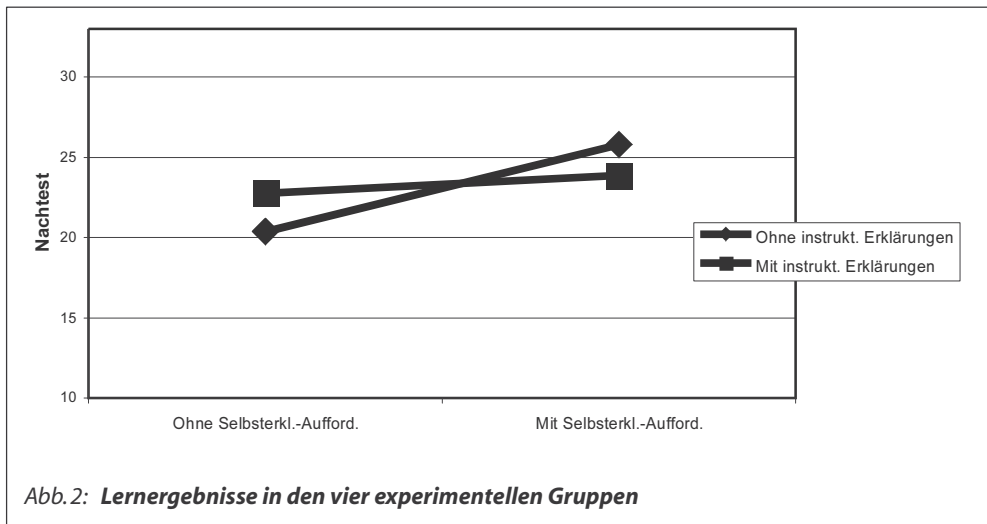
	Nachtest	Schriftliche Elaborationen
Ohne Selbsterklärungsaufford./ ohne instruktionale Erklärungen	20,36 (5,46)	–
Mit Selbsterklärungsaufford./ ohne instruktionale Erklärungen	25,80 (4,44)	19,82 (4,51)
Ohne Selbsterklärungsaufford./ mit instruktionale Erklärungen	22,75 (5,30)	–
Mit Selbsterklärungsaufford./ mit instruktionale Erklärungen	23,86 (6,29)	16,88 (4,51)

Tabelle 1 zeigt die Mittelwerte und Standardabweichungen des Nachtests und der schriftlichen Elaborationen. Da die Studierenden der Universität bedeutsam besser abschnitten als die Studierenden der Pädagogischen Hochschule, wurde die Variable



(„Hochschule: Fachwissenschaftlicher Schwerpunkt versus Didaktischer Schwerpunkt“) als Kovariate einbezogen. Tests auf Steigungsunterschiede zwischen Kovariate und Lernerfolg in den einzelnen experimentellen Gruppen ergaben keine bedeutsamen Unterschiede (alle  $F_s < 1$ ), sodass die entsprechende Voraussetzung für die Kovarianzanalyse gegeben war.

Für die Lernleistung ergab sich ein signifikanter Haupteffekt „Aufforderung zur Selbsterklärung“ ( $F_{(1,75)} = 8,68$ ;  $p < .05$ ) von mittlerer bis starker praktischer Signifikanz ( $\eta^2 = 0.11$ ) und ein signifikanter Interaktionseffekt ( $F_{(1,75)} = 4,91$ ;  $p < .05$ ) von mittlerer praktischer Signifikanz ( $\eta^2 = 0.06$ ). Es zeigte sich kein Haupteffekt „Bereitstellen von instruktionalen Erklärungen“ ( $F_{(1,75)} = 0,37$ ;  $p > 0.1$ ;  $\eta^2 < .01$ ). Abbildung 2 illustriert den Interaktionseffekt.



Die Gruppe ohne Aufforderungen zur Selbsterklärung und ohne instruktionale Erklärungen schnitt erwartungsgemäß am schlechtesten ab. Die zusätzliche Bereitstellung instruktionaler Erklärungen führte hier zu verbesserten Lernleistungen. Am besten schnitt allerdings die Gruppe mit Aufforderungen zur Selbsterklärung, aber ohne instruktionale Erklärungen ab. Im Falle von Aufforderungen zur Selbsterklärung war die zusätzliche Möglichkeit, instruktionale Erklärungen aufzurufen, für den Lernerfolg abträglich.

Wie bei den theoretischen Vorüberlegungen bereits erwähnt, könnte die Möglichkeit, instruktionale Erklärungen aufzurufen, die Selbsterklärungsbemühungen reduziert haben („man kann sich ja die Erklärungen holen“). Tatsächlich ergab sich in der Gruppe mit Selbsterklärungsaufforderung und instruktionaler Erklärung gegenüber der Gruppe, die lediglich Selbsterklärungsaufforderungen bekam, eine niedrigere Selbsterklärungsaktivität: durchschnittlich knapp 17 versus knapp 20 Elaborationen. Dieser Unterschied war statistisch signifikant ( $t_{(32)} = 1,72$ ;  $p < .05$ ; einseitig) und von mittlerer praktischer Signifikanz ( $\eta^2 = 0.08$ ).

## 7. Diskussion

Die vorliegenden Befunde lassen sich wie folgt zusammenfassen: Für den Lernerfolg ist es am besten, die Lernenden zur Selbsterklärung aufzufordern. Instruktionale Erklärungen, zumindest wenn sie in Kombination mit den Selbsterklärungsaufforderungen gegeben werden, sind hier eher abträglich. Dies liegt daran, dass sie in diesem Fall die Selbsterklärungsaktivität und damit den Lernerfolg reduzieren. Interessanterweise war also eine Lernumgebung am günstigsten, die ausschließlich auf eine Förderung von Eigenaktivität in der Verarbeitung des Lernmaterials setzte.

Die vorliegenden Befunde werfen Fragen bzgl. des Stellenwerts instruktionaler Erklärungen auf. Da sie beim *Nicht-Vorhandensein von Selbsterklärungsaufforderungen* den Lernerfolg förderten, waren sie prinzipiell durchaus sinnvoll gestaltet und hatten das Potenzial, Lernen zu unterstützen. Die gefundene Effektivität der instruktionalen Erklärungen stimmt in diesem Fall mit den entsprechenden Befunden der Studie von Renkl (2002) überein, in der keine Selbsterklärungsaufforderungen eingesetzt wurden. In der vorliegenden Studie zeigte sich dagegen, dass *in Kombination mit Aufforderungen zur Selbsterklärung* die zusätzliche Bereitstellung instruktionaler Erklärungen abträglich war. Ob dies immer so ist oder ob doch günstige Kombinationen von Selbsterklärungsaufforderungen und instruktionalen Erklärungen gefunden werden können, ist in weiteren Studien zu klären (z.B. ein allmähliches Übergehen von instruktionalen Erklärungen zu Selbsterklärungen).

Schließlich ist als offene Frage herauszustellen, inwieweit sich bei der Arbeit mit dem vorliegenden Lernprogramm (bzw. mit einer um weitere Gestaltungsmerkmale erweiterten Version) „nur“ Binneneffekte (Lernleistung in einem Nachtest) ergeben, oder ob das erworbene Wissen auch ins Klassenzimmer transferiert werden kann. Zu diesem Zweck sind Feldstudien geplant, bei denen einzelne Lehrer gebeten werden, das im Programm Erlernte im Unterricht zu implementieren. Der entsprechende Unterricht soll dabei beobachtet und die Lehrer sollen zu Schwierigkeiten bei der Umsetzung interviewt werden. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse sollen wiederum helfen, das Lernprogramm zu optimieren bzw. zusätzliche Transferfördermaßnahmen zu ergreifen.

Weiterhin wird im Projekt die Thematik der Selbsterklärungen von Schülern angegangen werden. Es wird Lehrenden vermittelt, wie die Schüler in produktiver Weise angehalten werden können, sich Lösungsbeispiele selbst so zu erklären, dass daraus „Verstehen“ entsteht.

## Literatur

- Atkinson, R.K./Derry, S.J./Renkl, A./Wortham, D.W. (2000): Learning from examples: Instructional principles from the worked examples research. In: Review of Educational Research 70, S. 181–214.
- Borko, H./Putnam, R.T. (1996): Learning to teach. In: Berliner, D.C./Calfee, R.C. (Hrsg.) Handbook of Educational Psychology. New York: Macmillan, S. 673–708.
- Chi, M.T.H. (1996): Constructing self-explanations and scaffolded explanations in tutoring. In: Applied Cognitive Psychology 10, S. 33–49.

- Chi, M.T./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, S. 145–182.
- Cognition and Technology Group at Vanderbilt. (1997): *The Jasper project: Lessons in curriculum, instruction, assessment, and professional development*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Doll, J./Prenzel, M. (2002). Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen. In: *Zeitschrift für Pädagogik* (in diesem Band).
- Fischler, H./Zedler, P./Schröder, H.-J./Tonhäuser, C. (2002). Unterrichtsskripts und Lehrerexpertise: Bedingungen ihrer Modifikation. In: *Zeitschrift für Pädagogik* (in diesem Band).
- Gürtler, T./Perels, F./Schmitz, B./Bruder, R. (2002). Training zur Förderung selbstregulativer Fähigkeiten in Kombination mit Problemlösen in Mathematik. In: *Zeitschrift für Pädagogik* (in diesem Heft).
- Kulhavy, R.W. (1977): Feedback in written instruction. In: *Review of Educational Research* 47, S. 211–232.
- Leopold C./Leutner, D. (2002): Der Einsatz von Lernstrategien in einer konkreten Lernsituation bei Schülern unterschiedlicher Jahrgangsstufen. In: *Zeitschrift für Pädagogik* (in diesem Heft).
- Mayer, R.E. (1997): Multimedia learning: Are we asking the right questions. In: *Educational Psychologist* 32, S. 1–19.
- Mwangi, W./Sweller, J. (1998): Learning to solve compare word problems: The effect of example format and generating self-explanations. In: *Cognition and Instruction* 16, S. 173–199.
- Neuman, Y./Schwarz, B. (1998): Is self-explanation while solving problems helpful? The case of analogical problem solving. In: *British Journal of Educational Psychology* 68, S. 15–24.
- Quilici, J.L./Mayer, R.E. (1996): Role of examples in how students learn to categorize statistics word problems. In: *Journal of Educational Psychology* 88, S. 144–161.
- Renkl, A. (1997): Learning from worked-out examples: A study on individual differences. In: *Cognitive Science* 21, S. 1–29.
- Renkl, A. (2002): Learning from worked-out examples: Instructional explanations supplement self-explanations. In: *Learning & Instruction* 12, S. 149–176.
- Renkl, A./Stark, R./Gruber, H./Mandl, H. (1998): Learning from worked-out examples: The effects of example variability and elicited self-explanations. In: *Contemporary Educational Psychology* 23, S. 90–108.
- Schworm, S./Renkl, A. (2002): Lernen effektive Lösungsbeispiele zu erstellen: Ein Experiment zu einer computer-basierten Lernumgebung für Lehrende. In: *Unterrichtswissenschaft* 30, 7–26.
- Stark, R./Gruber, H./Mandl, H./Hinkofer, L. (2001): Wege zur Optimierung eines beispilsbasierten Instruktionsansatzes: Der Einfluss multipler Perspektiven und instruktionaler Erklärungen auf den Erwerb von Handlungskompetenz. In: *Unterrichtswissenschaft* 29, S. 26–37.
- Sweller, J./van Merriënboer, J.J.G./Paas, F.G.W.C. (1998): Cognitive architecture and instructional design. In: *Educational Psychology Review* 10, S. 251–296.
- Tarmizi, R. A./Sweller, J. (1988): Guidance during mathematical problem solving. In: *Journal of Educational Psychology* 80, S. 424–436.
- Ward, M./Sweller, J. (1990): Structuring effective worked examples. In: *Cognition and Instruction* 7, S. 1–39.
- Weber, S./Renkl, A./Gruber, H./Schweizer, K./Hillebrand, M./Wittenzeller, M./Lerche, T. (2001): Cognitive Load beim Lernen aus Lösungsbeispielen. Vortrag auf der „61. Tagung der Arbeitsgruppe für Empirische Pädagogische Forschung (AEPF)“ in Schwäbisch-Gmünd, September 2001.

*Anschrift der Autoren:*

Prof. Dr. Alexander Renkl, Psychologisches Institut, Abteilung Pädagogische Psychologie, Universität Freiburg, Engelbergerstr. 41, 79085 Freiburg.

Dipl.-Psych. Silke Schworm, Psychologisches Institut, Abteilung Pädagogische Psychologie, Universität Freiburg, Engelbergerstr. 41, 79085 Freiburg.