



## **Die Bildungsqualität von Schule:**

Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen

Ein Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft





# Schulkultur, Geschlechtersegregation und Mädchensozialisation – Die Augsburger Mädchenschulen (DIAM)

Ein Schwerpunktprogramm  
der  
**DFG**

## Projektleitung

Prof. Dr. Leonie Herwartz-Emden  
Philosophisch-Sozialwissen-  
schaftliche Fakultät  
Universität Augsburg

## Mitarbeiterinnen

Dipl.-Päd. Verena Schurt  
Dipl.-Soz. Wiebke Waburg

## Kontakt

Prof. Dr. Leonie Herwartz-Emden  
Professur für Pädagogik  
Philosophisch-Sozialwissen-  
schaftliche Fakultät  
Universität Augsburg  
Universitätsstraße 10  
86159 Augsburg

[leonie.herwartz-emden@phil.uni-augsburg.de](mailto:leonie.herwartz-emden@phil.uni-augsburg.de)

Tel.: +49 (0) 821598 5597

Tel.: +49 (0) 821598 5604

Fax: +49 (0) 821 598 5668

## Internet

<http://www.herwartz-emden.de>

## Forschungsziele

Nach der fast vollständigen Umsetzung der Koedukation in Deutschland und mehr als dreißig Jahren Erfahrung mit dieser Organisationsform, wird im Projekt danach gefragt, was die Mädchenschule zur Mädchenschule macht und welche Qualitätsmerkmale eine ›gute‹ Mädchenschule auszeichnen. Die zusammenhängende Fragestellung ist die Frage nach der Ausrichtung und Qualität der Geschlechtersozialisation in den Intentionen und Bildungszielen der einzelnen Schulen, im Unterricht und der alltäglichen schulischen Praxis sowie auf der Ebene der kollektiven Orientierungen.

Die Untersuchung erfolgt in einem komplex angelegten Design in *zwei Forschungslinien*, diese fokussieren auf:

- den Kontext der Geschlechter segregierten Schule (1) in Bezug auf Thematisierungen/De-Thematisierungen von Geschlecht in der alltäglichen schulischen Praxis, (2) unter Berücksichtigung der Konzepte und Strategien der spezifischen Förderung von Mädchen, insbesondere im naturwissenschaftlichen Unterricht (*Forschungslinie 1*);
- die kollektiven Orientierungen von Mädchenschülerinnen im Zusammenhang mit (1) dem Erleben/den Erfahrungen in der Mädchenschule an sich (bezogen auf den Unterricht, die Klassengemeinschaft, Beziehungen untereinander und zu den Lehrkräften etc.), (2) der ›peer-group‹ und (3) den Entwicklungsaufgaben der weiblichen Adoleszenz (*Forschungslinie 2*).

Die Studie wird bisher an ausgewählten Augsburger Mädchenschulen durchgeführt. In der momentan stattfindenden Forschungsphase wird die Vergleichsperspektive zwischen Monoedukation und Koedukation durch den Einbezug ausgewählter koedukativer Schulen eröffnet. Von den zu erzielenden Forschungsergebnissen wird, über die Mädchenschule hinaus, ein empirisch begründeter Erkenntnisgewinn über die Bildungsbedürfnisse und -situation von Mädchen erwartet – so dass sich Impulse für die zukünftige Schulentwicklung ergeben.

## Theoretischer Ansatz

Geschlechtstypische Zuschreibungen finden sich, so die Ausgangsannahme, in der Geschlechter segregierten Welt der Mädchenschule wieder. Schule reproduziert die Geschlechterverhältnisse der Gesellschaft – aber wie manifestieren sich diese Verhältnisse in den von uns untersuchten Mädchenschulen – reproduzieren sie diese? Oder sind sie ein Schutzraum für Mädchen, der es ihnen ermöglicht, fern von Zwängen und Beschränkungen auf Grund ihrer Geschlechtszugehörigkeit ausgebildet zu werden? Mädchenschulen stellen eine Dramatisierung der Geschlechterdifferenz dar; Geschlecht wird zur Organisationsvariable. Sie sind aber zugleich eine Institution, in der das Geschlecht als soziales Klassifikationskriterium seine Funktion einbüßt. Nach Hirschauer (1994) muss in diesem Zusammenhang die Diskontinuität der Geschlechterkonstruktion (das Auftauchen und Verschwinden von Geschlecht in sozialen Situationen), berücksichtigt werden. Damit lassen sich Kontexte nicht einfach in sexuierte und nicht-sexuierte soziale Situationen ausdifferenzieren, da die entsprechende Entscheidung über die Aktualisierung oder Neutralisierung der Geschlechterdifferenz von den Teilnehmenden selbst verhandelt wird. Institutionelle Trennungen (wie monoedukative Schulen) aktualisieren die Geschlechterdifferenz nach außen, können sie aber nach innen neutralisieren. In diesem Sinne ist eine Mädchenschule weder der Ort, an dem Geschlechterkonstruktionen vorzugsweise verhandelt werden, noch der Ort, an dem sie gänzlich außen vor bleiben – die Entscheidung über die Relevanz oder Verhandlungswürdigkeit der Kategorie Geschlecht wird kontextbezogen, bereichsbezogen, situativ und interaktionsabhängig von allen Teilnehmenden getroffen. Wesentlich für die Geschlechtszugehörigkeit ist ihre Darstellbarkeit in der Interaktion. Für unsere Untersuchung ergibt sich hieraus die Frage, ob sich in den Mädchenschulen dieser nach innen gerichtete ›Neutralisierungseffekt‹ zeigt bzw. ob er hier nicht vollzogen wird.

## Methodischer Ansatz

Das Forschungsinteresse der Untersuchung richtet sich in der *Forschungslinie 1* auf zwei zentrale Bereiche:

Den ersten Bereich stellt die *Kontexterhebung* dar. Hier wurden und werden die Bedingungen und Intentionen der Einzelschule mit Hilfe schulischer Schriften (Jahresberichte, Schulprospekte, Internetauftritte) erhoben; diese geben Aufschluss über Zielsetzungen, aber auch Förderkonzepte der untersuchten Schulen – sprich über deren Selbstverständnis. Die Auswertung der Schriften basiert auf einer Kombination der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring und der objektiv-hermeneutischen Analyse von schwer zugänglichen Textpassagen; auf Grund der Auswertung soll die Beurteilung der Qualität der Geschlechtersozialisation vorgenommen werden.

Den zweiten Bereich bildet die *ethnographische Unterrichtsbeobachtung*. Hier kam und kommt es darauf an, den Unterricht unter folgenden Foki zu beobachten: (1) in Bezug auf das SchülerInnen-handeln – als Interaktionen der SchülerInnen untereinander und mit den Lehrkräften – zwischen schulischer Anforderung und ›peer culture‹, (2) unter Berücksichtigung des Lehrerhandelns, fokussiert auf die Geschlechtsidentität der lehrenden Person, als spezifische ›Performance‹, in Inszenierungen und Routinen, (3) als Unterricht in einem mathematisch-naturwissenschaftlichen Fach (unter Berücksichtigung der geschlechtsspezifischen Konnotation dieser Fächer). Als adäquates Analyseverfahren für die vorliegenden Beobachtungsprotokolle wird das Theoretische Codieren angesehen. Dieses Verfahren ist von Strauss und Glaser (1967) im Rahmen der ›Grounded Theory‹ entwickelt worden. Ergänzend wird das Material einer sequenzanalytischen Interpretation unterzogen.

In der *Forschungslinie 2* richtet sich das Forschungsinteresse auf die Erhebung der Einstellungen und Erfahrungen der ›peer-group‹ mittels des Gruppendiskussionsverfahrens nach Bohnsack (2000). Von besonderem Interesse sind in diesem Zusammenhang die Interessen und Orientierungen der adoleszenten SchülerInnen, wobei auf das schulische Erleben, Vorstellungen zur ›Vereinbarkeit von Familie und Beruf‹ und die ›peer culture‹ (hierbei die Ausgestaltung der sowohl gleich- als auch gemischtgeschlechtlichen Peer-Beziehungen) fokussiert wird. Die Auswertung der Diskussionen erfolgt mit der ›dokumentarischen Methode‹ (Bohnsack).

Die Erhebungen der Forschungslinien 1 und 2 werden durch eine schriftliche *Basisbefragung* komplementiert (verantwortliche, an das Projekt assoziierte Doktorandin: Kathrin Bauer). Das Forschungsinteresse des Fragebogens zielt auf die Einschätzung des sozialen Wohlbefindens der SchülerInnen von Mädchenschulen. Eingesetzt werden Skalen zum Sozialen Schulklima, zur Selbstwirksamkeitserwartung, zur Qualität der Beziehungen zwischen Lehrkräften und SchülerInnen. Der Fragebogen wird an allen Mädchengymnasien (8. und 11. Klasse) und Mädchenrealschulen (8. Klasse) in Augsburg eingesetzt (ca. 1000 SchülerInnen). Die Vergleichsstichprobe wird in koedukativen Schulen erhoben (ca. 500 Mädchen). Der Fragebogen soll auf der Basis einer großen Stichprobe einen Überblick über systematisch auftretende Unterschiede zwischen den von uns untersuchten Mädchenschulen liefern und einen Vergleich zwischen monoedukativen und koedukativen Schulen ermöglichen.

### **Ausgewählte Ergebnisse**

An dieser Stelle sei dezidiert darauf hingewiesen, dass wir aus einem laufenden Projekt berichten und insofern keine endgültigen Ergebnisse, sondern erste Trends, die weiter analysiert werden, vorstellen. In diesem Sinne handelt es sich bei den folgenden Überlegungen eher um unvollendete Reflexionen als um verbindliche Resultate. Dabei entstehen vermutlich mehr Fragen als Antworten, denen im weiteren Forschungsprozess nachgegangen wird.

*Ethnographie im Unterricht:* Die Eingrenzungen, die Mädchen bzgl. sozialer und persönlicher Räume im ›kulturellen System der Zweigeschlechtlichkeit‹ erfahren, sind im geschlossenen Raum der monoedukativen Schule weniger salient. Die SchülerInnen der beobachteten Mädchenschulen zeigen ein ausgreifendes

Raumverhalten; sie nutzen den ihnen zur Verfügung stehenden Raum für weitreichende unterrichtsparallele Aktivitäten. Auf der Ebene der Körper bezogenen Geschlechtsdarstellung ist z. T. eine Dramatisierung von Geschlecht zu beobachten – so sind die SchülerInnen teilweise stark geschminkt, tragen Körper betonte Kleidung und praktizieren auffällig oft – auch während des Unterrichts – ›Verschönerungspraktiken‹. [Der Auswertung liegen 177 Protokolle aus dem Mathematik- und Physikunterricht (8., 10. u. 11. Jg.) zugrunde.]

*Gruppendiskussionen:* In den vorliegenden Diskussionen wird die Ambivalenz des Sozialisationskontextes Mädchenschule deutlich. Diesbezüglich konnten wir zwei divergierende Diskurse nachzeichnen. Zum einen wird der Mädchenschulbesuch offen negativ bewertet. Die vertiefte Analyse zeigt jedoch, dass ebenfalls Positives darüber zu berichten ist. Der zweite Diskurs beinhaltet eine z. T. enthusiastische Befürwortung des Besuchs der Mädchenschule. Vor dem Hintergrund dieser Bewertung wird es für die Mädchen im weiteren Verlauf der Diskussionen allerdings schwer, offen Kritik an der Monoedukation bzw. ihrer Schule zu äußern. Beide Diskurse zeigen, dass von den Mädchen scheinbar auf Grund der normativen Präsenz der Koedukation eine eindeutige Positionierung bezüglich des monoedukativen Kontexts verlangt wird, eine solche aber nicht im inkorporierten Wissen verankert ist. Die Mädchen erleben Vor- und Nachteile – über die jedoch nicht offen gesprochen werden kann. Stattdessen lösen sie die Ambivalenz kommunikativ in die eine oder andere Richtung auf (offene Ablehnung vs. offene Befürwortung der Mädchenschule). (Datenbasis bilden sieben Gruppendiskussionen mit 4-6 TeilnehmerInnen in je drei 8. und 11. Klassen an zwei Gymnasien sowie in einer 10. Klasse einer Realschule).

*Fazit:* Die befragten und beobachteten Mädchen bewegen sich in ihrer Schule in einem Spannungsfeld: Sie fühlen sich im monoedukativen Setting wohl, dies können sie gegenüber der überwältigenden Realität der Koedukation und der damit verbundenen Vorstellung von ›Normalität‹ und ›Modern-Sein‹ - so die Ergebnisse der Gruppendiskussionen – z. T. schwer verbalisieren. Die Unterrichtsbeobachtungen (und Ergebnisse eines Fragebogenpretests – auf die in diesem Zusammenhang nicht eingegangen werden kann – belegen ein positives soziales und persönliches Wohlbefinden. Als Fazit ist festzuhalten, dass der Mädchenschulkontext von Mädchen, die damit ausreichende Erfahrungen haben, als förderlich empfunden wird, dass aber die normativen Zwänge der Koedukation und des kulturellen Systems der Zweigeschlechtlichkeit auf vielfältigen Ebenen wirksam bleiben und insofern ihre Erfahrungen und Einschätzungen durch Widersprüche gerahmt sind, denen forschungsmethodisch nachzugehen ist.

### **Bedeutung für die Praxis**

Deutlich wird auf Grund der bisher durchgeführten Analysen, dass es nicht ausreicht, einen Mädchenschulkontext auf der Organisations-ebene einzurichten, er muss inhaltlich gefüllt werden, bzw. ein adäquates Modell der Geschlechtersozialisation und ein geschlechtersensibler Verhaltenscodex sollten diesem Kontext zugrunde liegen. Anders formuliert: Das Bewusstsein in Bezug auf die anvisierte und praktizierte Geschlechtersozialisation der einzelnen Mädchenschule, die sog. ›gender consciousness‹, muss sich in allen vier horizontalen Dimensionen der Schulkultur (vgl. Helsper u. a. 2001) – quasi in einer vertikalen Strukturierung – zeigen.

### **Ausgewählte Veröffentlichungen:**

- Herwartz-Emden, L.; Schurt, V. (2004). Die Darstellung von Geschlecht im Alltag einer Mädchenschule – Werkstattbericht aus einem Forschungsprojekt in Bayern. In: W. Bos; E.-M. Lankes; N. Plassmeier; K. Schwippert (Hrsg.), *Heterogenität. Eine Herausforderung an die empirische Bildungsforschung*. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann, S. 141-162.
- Herwartz-Emden, L.; Schurt, V.; Waburg, W. (2004). Schulkultur an Mädchenschulen. In: J. Doll; M. Prenzel (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung*. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann, S. 360-376.
- Schurt, V.; Waburg, W. (im Erscheinen). Mädchenschulen als Alternative zur Koedukation? In: *Tagungsband der 38. Tagung der Didaktik der Mathematik; Augsburg 01.03. - 05.03.2004.*



# Begründen und Beweisen in der Geometrie

## Bedingungen des Wissensaufbaus bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe

Ein Schwerpunktprogramm  
der  
**DFG**

### Projektleitung

Prof. Dr. Kristina Reiss,  
Lehrstuhl für Didaktik der  
Mathematik,  
Universität Augsburg

Prof. Dr. Alexander Renkl  
Lehrstuhl für Pädagogische  
Psychologie  
Universität Freiburg

### Mitarbeiter/-innen

Dr. Aiso Heinze  
Stephan Kessler  
Sebastian Kuntze  
JeeYi Kwak  
Markus Rechner  
Franziska Rudolph

### Kontakt

Stephan Kessler  
Lehrstuhl für Didaktik der  
Mathematik  
Universität Augsburg  
Universitätsstr. 10  
86135 Augsburg  
[stephan.kessler@math.uni-augsburg.de](mailto:stephan.kessler@math.uni-augsburg.de)  
Tel.: +49 (0) 821 598 5509  
Fax.: +49 (0) 821 598 2278

### Internet

<http://www.math.uni-augsburg.de/prof/dida/forschung/biqua/>

### Forschungsziele

Das Projekt beschäftigt sich mit der Frage, wie mathematisches Problemlösen im Unterricht, dargestellt am Beispiel des Beweizens und Begründens in der Geometrie, vermittelt werden kann. Sowohl TIMSS und PISA als auch andere Untersuchungen haben gezeigt, dass Schülerinnen und Schüler auch dann mit Aufgaben zum Argumentieren und Begründen Schwierigkeiten haben, wenn sie über das notwendige Faktenwissen verfügen. Die Untersuchung des Themas erfolgt in verschiedenen, miteinander verknüpften Teilstudien. Im Vordergrund dieser Studien stand zunächst die Bestandsaufnahme sowie die Klärung einzelner Variablen. So beschäftigte sich eine Studie vorrangig mit der Analyse schulischer Bedingungsfaktoren für das Begründen und Beweisen im Mathematikunterricht. Betrachtet wurden der Einfluss verschiedener Unterrichtsstile sowie der Vorstellungen von Lehrern über den Mathematikunterricht und über den Charakter mathematischer Beweise auf den Wissenserwerb und die Entwicklung mathematischer Weltbilder (*beliefs*). Eine weitere Studie hatte Lösungsprozesse und individuelle Determinanten der Leistung beim Verstehen und bei der Konstruktion geometrischer Beweise zum Gegenstand.

In letzter Zeit ist die Umsetzung in die Praxis in den Fokus unserer Forschungsarbeit gerückt. Es wurden Schüler aktivierende Lernumgebungsmaterialien konzipiert, in ein Unterrichtskonzept integriert und schließlich evaluiert. Dabei spielen auch Aspekte der Lehrerrolle eine wichtige Rolle. Eine spezielle Fragestellung betrifft dabei die Fehlerkultur im Unterrichtsgespräch. In der letzten Projektphase wird es eine Studie geben, bei der verschiedene Fortbildungen von Lehrerinnen und Lehrern durchgeführt und der jeweilige Einfluss auf Unterricht und Schülerleistung betrachtet wird.

### Theoretischer und methodischer Ansatz

Betrachtet man das Beweisen als prototypisch für einen diskursiven Unterrichtsstil, so kommt diesem Thema eine besondere auch Fach übergreifende Bedeutung zu. Entsprechend wurden im Rahmen des Projekts Unterrichtskonzepte zur Verbesserung der Leistungen bei der Lösung geometrischer Beweisaufgaben entwickelt. Dafür war die Identifizierung von Variablen notwendig, die das Beweisverständnis (und damit eine Methodenkompetenz oberhalb der Ebene einfacher Schlussfolgerungen und Routinen) bei Schülerinnen und Schülern fördern können. Auf dieser Grundlage werden folgende Ziele im Projekt fokussiert:

- (1) eine Beschreibung wesentlicher individueller kognitiver und nicht kognitiver Determinanten der Lösungskompetenz bei Beweisaufgaben,
- (2) eine Erfassung von Unterrichtsvariablen, die für die die Entwicklung des Beweisverständnisses von zentraler Bedeutung sind, sowie
- (3) die Prüfung der Interdependenzen zwischen Unterrichtsvariablen und individuellen Variablen.

Es werden auf Grundlage der obigen Aspekte zum einen inter- als auch intraindividuelle Unterschiede in den Leistungsbildern der Schülerinnen und Schüler erwartet als auch Unterschiede in Hinblick auf die einzelnen Schulklassen, die dann Rückschlüsse auf Bedingungsfaktoren für einen diskursiven Mathematikunterricht zulassen.

In der ersten Projektphase wurden in Gymnasien Erhebungen durchgeführt. Die Schülerinnen und Schüler bearbeiteten Aufgaben zu Basis- und Beweiskompetenzen im Bereich des Themenfeldes Geometrie. Zusätzlich wurde überprüft, inwiefern unterschiedliche Variablen (Beweisverständnis, wissenschaftliches Denken, metakognitives Wissen) das Lösungsverhalten der Schüler bestimmen. Mittels einer Lehrerbefragung und Video basierten Unterrichtsbeobachtungen wurden Daten für Unterrichtsvariablen erhoben.

In der zweiten Projektphase wurden die Leistung im Beweisen und Begründen, die Methodenkompetenz, das wissenschaftliche Denken, die allgemeine Argumentationsfähigkeit, Aspekte von Interesse und Motivation sowie die Mathematik bezogenen *beliefs* erfragt. Die Schülerinnen und Schüler lernten in einer von zwei Umgebungen, nämlich mit der eher konstruktivistisch angelegten Themenstudie oder mit den eher instruktional orientierten heuristischen Lösungsbeispielen. Persönliche Variablen und Leistungswerte wurden vor und nach der Intervention erhoben.

Die dritte Projektphase schließt an die vorangegangenen Arbeiten an und stellt eine Erweiterung dar. Die Materialien werden so angepasst, dass sie die Diskussion über Fehler (so wie sie typischerweise auch ein Schüler oder eine Schülerin machen könnte) erzwingen. Eine Intervention wird auf der Ebene des Unterrichts erfolgen und auf der Ebene der Schüler evaluiert werden. Zentral ist dabei die Fortbildung der Lehrerinnen und Lehrer. Ihr Inhalt zeigt zum einen den Umgang mit Fehlern im Unterricht und zum anderen die Möglichkeiten der beiden Lernumgebungen auf.

## Hauptergebnisse

### Erhebung individueller Bedingungsfaktoren und Leistungsvariablen in der Sekundarstufe I

#### (a) Basiskompetenzen, Beweisverständnis und argumentative Kompetenz im Bereich Geometrie

Die Auswertung des Leistungstests zeigt deutliche Unterschiede zwischen Basiskompetenzen und Kompetenzen im Bereich des Argumentierens und Begründens. Zu den Basiskompetenzen gehören hierbei Elemente deklarativen Wissens wie Kenntnisse über Symmetrie oder das Berechnen von Winkeln.

Bei den Aufgaben, die eher Argumentieren bzw. Beweisen verlangen, können zwei Typen unterschieden werden. So werden Aufgaben, bei denen die Argumentation eine einfache Identifizierung und Anwendung gelernter Begriffe verlangt, noch relativ gut gelöst werden. Ein eigenständiges Zusammenfügen verschiedener Fakten in eine Argumentationskette wird hingegen eher nicht geleistet.

In Anlehnung an *die Stufen mathematischer Kompetenz*, die bei der Bearbeitung von PISA-Items in der Sekundarstufe II identifiziert werden konnten, lassen sich in unserer Untersuchung drei Kompetenzstufen benennen. Es zeigt sich hierbei, dass die theoretische Einordnung der Items in Kompetenzstufen durch die empirischen Daten gestützt wird:

- Einfaches Anwenden von Regeln und elementares Schlussfolgern (Kompetenzstufe I);
- Argumentieren und Begründen, einschrittig (Kompetenzstufe II);
- Argumentieren und Begründen, mehrschrittig (Kompetenzstufe III).

Weiterhin liegen erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Klassen in Bezug auf den Geometrietest vor.

Die Tests zum Beweisen und Begründen wurden auf der Basis theoretischer Annahmen zu Leistungsstufen in diesem Bereich konzipiert. Sie erwiesen sich als Raschskalierbar.

#### (b) Methodenkompetenz im Bereich des Begründens und Beweizens

Hinsichtlich des Beweisverständnisses hat sich gezeigt, dass es den Schülerinnen und Schülern insbesondere schwer fällt, nicht korrekte Beweise im Vergleich zu korrekten zu evaluieren. Die Beurteilung von Beweisen fällt den Schülerinnen und Schülern deutlich einfacher als das eigenständige Formulieren von Beweisen.

Darüber hinaus zeigen Vergleiche des unteren, mittleren und oberen Leistungsdrittels hochsignifikante Unterschiede in Bezug auf die Methodenkompetenz. Insbesondere gilt, dass eine hohe Methodenkompetenz mit einer hohen Kompetenz im Begründen und Beweisen zusammenhängt. Leistungsschwächere Schüler können ihre Leistung ebenfalls durch die Arbeit mit der Themenstudie verbessern, die ihnen neue Aspekte des Beweizens zeigt.

#### (c) Kompetenzen im Bereich des wissenschaftlichen Denkens

Wie bereits in einigen Studien gezeigt werden konnte, lassen sich Schüler bei der Lösung von Aufgaben zum wissenschaftlichen Denken häufig von inhaltlichen Argumenten leiten, die nicht unbedingt formal-logisch nachvollziehbar sind. Dies konnte auch bei unserer Stichprobe gezeigt werden. So konnten Schülerinnen und Schüler vor allem solche Aufgaben richtig lösen, bei denen die korrekte Lösung auch inhaltlich plausibel war. Ein Großteil der Schülerinnen und Schüler versagte aber bei Aufgaben, bei denen die inhaltliche Plausibilität keine Hilfe darstellte.

Es lässt sich ferner ein deutlicher Einfluss der Fähigkeiten zum wissenschaftlichen Denken auf Leistungen im Bereich des Argumentierens und Begründens erkennen. Diejenigen Schülerinnen und Schüler, die über formale Strategien im wissenschaftlichen Denken verfügen, haben beim Lösen von Beweisaufgaben weniger Schwierigkeiten.

#### (d) Schülerbeliefs über Mathematik

In der Auswertung der Fragebögen konnten als wesentliche Hauptfaktoren die *beliefs* Anwendung, Exaktheit und Prozess identifiziert werden. Die *beliefs* der Schülerinnen und Schüler zum Mathematikunterricht sind positiv geprägt, wobei die Auffassung, dass Mathematik wesentlich durch Exaktheit bzw. Formalismus geprägt ist, deutlich dominiert. Der Zusammenhang zwischen Schülerleistungen und -beliefs ist – wie schon in TIMSS nachgewiesen – eher gering. Die Ergebnisse von TIMSS legen nahe, dass die *beliefs* über Mediatorvariablen wie Interesse und Motivation auf den Unterricht wirken. Dies soll in der kommenden Antragsphase geprüft werden.

## Erhebung der unterrichtsbezogenen Bedingungsfaktoren

### (a) Lehrerbeliefs über Mathematik

Bei Betrachtung der Mathematik bezogenen *beliefs* der Lehrer der 7./8. Klassen ergeben sich deutliche Unterschiede zu den Schülerbeliefs. Insbesondere wird deutlich, dass Lehrerinnen und Lehrer in den leistungsstärkeren Klassen über ein relativ ausgewogenes Bild von Mathematik verfügen.

### (b) Unterrichtsstil

Eine detaillierte Auswertung des Leistungstests hat gezeigt, dass es hochsignifikante Unterschiede im argumentativen Verhalten zwischen leistungsstärkeren und -schwächeren Klassen gibt. Die Ergebnisse legen nahe, dass es so etwas wie ein diskursives Klassenklima, also auch einen diskursiven Mathematikunterricht, gibt. Klassen, die in dieser Art und Weise Mathematik erfahren, zeigen insbesondere deutlich bessere Leistungen. Erste Video basierte Unterrichtsbeobachtungen bestätigen diesen Eindruck. Es bleibt zu prüfen, welche Variablen zu einem solchen Klassenklima beitragen.

## Durchführung der Interventionsstudie in der Sekundarstufe

Die Erprobung der beiden Lernumgebungen in der 8.Klasse zeigte, dass vor allem die heuristischen Lösungsbeispiele einen bedeutsamen Effekt auf die Beweiskompetenzen haben. Insbesondere werden auch leistungsschwächere Schüler durch diese Art der Beweiserklärung gefördert. Sie zeigen dabei weniger eine Steigerung von Basiskompetenzen, sondern eine signifikant verbesserte Leistung in Bezug auf das mathematische Beweisen und profitieren so sehr gezielt von der Lernumgebung.

## Bedeutung für die Praxis

Die Unterrichtsmaterialien zu den Lernumgebungen Lösungsbeispiele und Themenstudie sind im Rahmen ei-

ner Einheit zum Beweisen und Begründen in Klasse 8 von Gymnasien oder Realschulen einsetzbar. Beiden Materialien ist gemeinsam, dass sie Schüler aktivierende Arbeitsformen beinhalten und Lehrkräften effektive und ausgereifte Möglichkeiten zur Gestaltung des Unterrichts bieten. Befragungen mit Schülerinnen und Schülern haben gezeigt, dass beide Lernumgebungen als positive Abwechslungen zum alltäglichen Unterricht wahrgenommen werden und motivierend wirken.

Eine praktische Bedeutung hat auch die Adaption der Theorie des Beweisen und Begründens in Anlehnung an Boero für den Schulunterricht. Die Aufschlüsselung der Beweisphasen in eher explorative und eher deduktive Elemente kann unmittelbar auf den Unterricht übertragen werden. Das gilt ganz allgemein für einen argumentationsorientierten Mathematikunterricht in der Mittel- und Oberstufe.

Gleiches gilt für die Analyse zum Umgang mit fehlerhaften Schüleräußerungen, bei der das Projekt neue Erkenntnisse geliefert hat. Insbesondere hat sich ein Einfluss auf die Lehre und die Lehrerfortbildung gezeigt. Im Fall der universitären Lehre sind die Effekte sogar nachweisbar, wie wir im Rahmen einer kleinen empirischen Studie mit Lehramtsstudierenden zeigen.

Als direkte Konsequenz kann eine Lehrerfortbildung gewertet werden, die auf der Basis von Unterrichtsvideos mit Kolleginnen und Kollegen aus Deutschland und der Schweiz abgehalten wurde. Auch hier spielten die genannten Lernumgebungen eine Rolle, die im Hinblick auf die Initiierung einer stärkeren Eigentätigkeit von Schülerinnen und Schülern eingesetzt wurden.

In den für die letzte Phase geplanten Fortbildungsveranstaltungen für Lehrerinnen und Lehrer werden verschiedene Konzepte für den Umgang mit den Lösungsbeispielen und der Themenstudie getestet. Diese Lehrerfortbildungen werden hinsichtlich ihrer Effektivität im Rahmen des Projektes evaluiert.

## Ausgewählte Veröffentlichungen:

Reiss, K. & Thomas, J. (2000). Wissenschaftliches Denken beim Beweisen in der Geometrie. Ergebnisse einer Studie mit Schülerinnen und Schülern der gymnasialen Oberstufe. In: *Mathematica Didactica*, 23, S. 96-112.

Reiss, K. & Renkl, A. (2002). Learning to prove: The idea of heuristic examples. In: *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 34(1), S. 29-35.

Reiss, K., Klieme, E. & Heinze, A. (2001). Prerequisites for the understanding of proofs in the geometry classroom. In: M. van den Heuvel-Panhuizen (Ed.), *Proceedings of the 25th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, Vol. 4. Utrecht: Utrecht University, pp. 97-104.

Reiss, K., Hellmich, F. & Thomas, J. (2002). Individuelle und schulische Bedingungsfaktoren für Argumentationen und Beweise im Mathematikunterricht. In: M. Prenzel & J. Doll (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen*. Weinheim: Beltz, S. S. 51-64. (=45. Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik)

Heinze, A. & Reiss, K. (2004). Mathematikleistung und Mathematikinteresse in differenzieller Perspektive. In: J. Doll & M. Prenzel (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung*. Münster: Waxmann, S. 234-239.

Kuntze, S. & Reiss, K. (2004). Unterschiede zwischen Klassen hinsichtlich inhaltlicher Elemente und Anforderungsniveaus im Unterrichtsgespräch beim Erarbeiten von Beweisen – Ergebnisse einer Videoanalyse. In: *Unterrichtswissenschaft*, 32(4), S. 357-379.

Heinze, A. & Reiss, K. (2003). Reasoning and proof: Methodological knowledge as a component of proof competence. In: *International Newsletter on the Teaching and Learning of Mathematical Proof*, 4-6/2003. Online-Publikation: <http://www.lettredelapreuve.it/Newsletter/03Printemps/Printemps03.html> (Stand: 26.01.05)



Ein Schwerpunktprogramm  
der  
**DFG**

### Projektleitung

Prof. Dr. Bettina Hannover  
FB Erziehungswissenschaften und  
Psychologie  
Freie Universität Berlin

### Mitarbeiter/-innen

Dr. Dipl. Psych. Ursula Kessels  
FB Erziehungswissenschaften und  
Psychologie  
Freie Universität Berlin

### Kontakt

Prof. Dr. Bettina Hannover  
Dr. Ursula Kessels  
Freie Universität Berlin  
Fachbereich Erziehungswissenschaften und Psychologie  
Habelschwerdter Allee 45  
14195 Berlin  
[hannover@fu-berlin.ewi-psy.de](mailto:hannover@fu-berlin.ewi-psy.de)  
[kessels@fu-berlin.ewi-psy.de](mailto:kessels@fu-berlin.ewi-psy.de)  
Tel.: +49 (0) 30 8385 69 50  
+49 (0) 30 8385 69 54  
Fax: +49 (0) 30 8385 69 59

### Internet

<http://www.ewi-psy.de/>

## Der Einfluss des Image von Mathematik und Naturwissenschaften auf die schulische Interessen- und Leistungsentwicklung

### Forschungsziele

Im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich geben nicht bloß die im internationalen Vergleich mittelmäßigen *Leistungen* deutscher Schülerinnen und Schüler Anlass zur Sorge, sondern auch das *fehlende Interesse* deutscher Jugendlicher, sich im MINT-Bereich beruflich zu spezialisieren.

Unser Forschungsprojekt basiert auf der Annahme, dass das geringe Interesse an mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern auch darauf zurückzuführen ist, dass sie im Vergleich zu den sprachlich-geisteswissenschaftlichen Fächern *ein spezifisches, negatives »Image« aufweisen* und dass über Schülerinnen und Schüler, die sich für diese Fächer begeistern, negative Vorurteile existieren.

Das Image eines Faches ist eine sozial geteilte Vorstellung über den Gegenstand des Faches, über typische Unterrichtsscripts, typische Lehrpersonen oder typische Schüler, die das Fach mögen oder ablehnen.

Wir verfolgen das Ziel, dieses Image näher zu beschreiben und einzelne Maßnahmen zu testen, mit denen *dieses Image verändert oder abgewächt werden könnte bzw. im Unterricht nicht verhaltenswirksam wird*.

### Theoretischer und methodischer Ansatz

Wir betrachten die Schule und den schulischen Fächerkanon als ein Angebot der Umwelt, das das Kind oder der Jugendliche nutzen kann, um sich selbst zu definieren und diese Definition gegenüber anderen zu demonstrieren. Damit meinen wir, dass ein Schüler seine eigene Person darüber definieren und weiterentwickeln kann, dass er für einige Fächer mehr Interesse und Leistungsbereitschaft entwickelt als für andere Fächer.

Er wird *also nur solche Fächer engagiert verfolgen, die er als relevant für die Definition und Demonstration der eigenen Person empfindet*, und sich aus jenen zurückziehen, denen etwas anhaftet, mit dem er selbst auf keinen Fall in Verbindung gebracht werden möchte. Beispielsweise wird er Physik möglicherweise nicht vorrangig deshalb ablehnen, weil ihn die dort behandelten Inhalte nicht interessieren, sondern weil er weiß, dass diejenigen, die sich dort besonders hervortun, als seltsame Tüftler und Eigenbrödler gelten.

Wir vermuten, dass das negative Image der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer vermittelt über das Selbstbild der Schülerinnen und Schüler wirkt: Sie vergleichen die stereotypen Vorstellungen über das Fach mit dem Bild, das sie selbst von sich haben bzw. haben möchten. Je größer die Diskrepanz zwischen Fachimage und eigenem Selbstbild, desto weniger Interesse zeigen sie an dem jeweiligen Fach. Diese Tendenz der Jugendlichen, eine Übereinstimmung zwischen ihrem Selbst und ihrem schulischen Interesse- und Leistungsverhalten herzustellen, bezeichnen wir als eine Form der *Identitätsregulation im Kontext Schule*. Damit möchten wir ausdrücken, dass die Entwicklung von Interessen funktional für die Entwicklung der eigenen Identität ist. Welche Konnotation bestimmte Interessengebiete haben, ist dabei nicht ausschließlich von persönlichen Erfahrungen mit dem jeweiligen Bereich beeinflusst, sondern von sozial geteilten Vorstellungen, vom Image, das diesen Bereichen anhaftet.

In der ersten Projektphase verwendeten wir auch qualitative Verfahren wie Interviews und Aufsätze, um eine erste Beschreibung des Phänomens vornehmen zu können. Um die oben postulierten Zusammenhänge zu prüfen, setzten wir im weiteren Verlauf vorrangig Fragebögen ein sowie hochsensible Computerverfahren, die Reaktionszeiten verarbeiten. Um die Möglichkeit der Veränderung des Image zu prüfen realisierten wir experimentelle Designs.

## Hauptergebnisse

Wir konnten nachweisen, dass das *Image* über Mathematik und Naturwissenschaften in deutschen Schulen eher negativ ist: Mathematik und Naturwissenschaften gelten relativ zu den Geistes- und Sozialwissenschaften als schwieriger und werden (je nach impliziter Intelligenztheorie der wahrnehmenden Person) damit auch als stärker diagnostisch für zu Grunde liegende Fähigkeiten angesehen (*Schwierigkeit* und *Fähigkeitsdiagnostizität*), sind stärker maskulin konnotiert (*Maskulinität*) und bieten in den Augen der Lernenden weniger Möglichkeiten zu freier Gestaltung und damit zum Ausdruck der eigenen Persönlichkeit/Identität (*Heteronomie*). Außerdem konnten wir zeigen, dass Jugendliche einen Schüler oder eine Schülerin mit dem Lieblingsfach Physik oder Mathematik (»Prototyp«) für deutlich *weniger attraktiv*, *weniger sozial kompetent* und integriert und für *weniger kreativ*, aber auch für *intelligenter und leistungsmotivierter* hielten als Schüler oder Schülerinnen, die Physik und Mathematik überhaupt nicht mögen bzw. deren Lieblingsfächer Deutsch oder Englisch sind. Und *Mädchen*, die Physik besonders mögen, wurde besonders *wenig Femininität* unterstellt.

Dieses Fachimage haben wir sowohl in Aufsatz- und Fragebogenstudien identifizieren können als auch mit Messinstrumenten, die auf dem Reaktionszeitparadigma beruhen und *nicht bewusste, automatische Assoziationen* zwischen den Fächern Physik vs. Englisch und Eigenschaftswörtern, die das jeweilige Fachimage abbilden, messen. Damit erbrachten wir den Nachweis, dass das spezifische Image von Physik nicht bloß auf Nachfrage hin beschrieben werden kann, sondern dass es tatsächlich immer dann verhaltenswirksam wird, sobald eine Person einem auf Physik bezogenen Hinweisreiz begegnet.

Wir konnten außerdem zeigen, dass sich diese *allgemein* geteilten Vorstellungen vom Image und prototypischen Schülern *auf die individuelle schulische Interessenentwicklung auswirken*. Je höher die Übereinstimmung zwischen dem Fachimage und dem Selbstbild eines Schülers, die er feststellt, desto stärker ist sein Engagement in jenem Fach. Umgekehrt wird mit abnehmender Passung zwischen Fachimage und Selbstbild Vermeidung wahrscheinlicher. Dies konnten wir *nicht nur für den direkten schulischen Kontext zeigen, sondern ebenfalls für berufliche Wahlabsichten*.

## Ausblick und Bedeutung für die Praxis

Was bedeutet es für die Praxis, *Schule als Kontext der Identitätsregulation* zu sehen?

Und, wenn wir die Ausgangslage der zu geringen Absolventenzahlen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich betrachten, welche Chancen auf Veränderung können wir aus unseren Ergebnissen ableiten?

Der Theorie zufolge sollte sich die Interessen- und Leistungsentwicklung dadurch positiv beeinflussen lassen, dass der Grad der Übereinstimmung zwischen dem Selbst der Schüler und dem schulischen Lern- und Interaktionsangebot gesteigert wird. Also zielen wir darauf ab, in experimentellen Studien *Möglichkeiten der Erhöhung der Übereinstimmung* zwischen dem Selbstbild der Jugendlichen und dem Image der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer *zu überprüfen*.

Können wir aber das Image eines Faches überhaupt verändern – ist dieses nicht über Jahrzehnte hinweg gewachsen und entsprechend änderungsresistent?

Ja – und nein.

Zwar sind solche sozial geteilten Vorstellungen – Image, Stereotype – nur sehr schwer direkt veränderbar, aber sie sind nicht permanent, sondern *nur unter bestimmten Bedingungen aktiviert*: Wie schulische Kontexte aussehen sollten, damit in ihnen das negative Image über Physik nicht relevant wird, untersuchen wir im derzeit laufenden Antragszeitraum. Nicht relevant würde das Image, wenn nicht aktiviert wird (d.h. es wird nicht aus dem Gedächtnis des Schülers aufgerufen) oder aber weil es deaktiviert wird (d.h. der Schüler aktiviert alternatives, stereotyp-inkonsistentes Wissen). Zum Beispiel zeigte sich, dass das Image der »Maskulinität« von Physik in reinen Jungen- und reinen Mädchengruppen von den Jugendlichen weniger aktiviert wird – es spielte dort im Unterricht eine kleinere Rolle als in den sonst üblichen, koedukativen Gruppen.

Wir überprüfen im letzten Antragszeitraum in experimentellen Studien die Wirksamkeit und Einsatzfähigkeit verschiedener Interventionen, durch die die Aktivierung des Image in der Unterrichtssituation verhindert werden soll.

## Ausgewählte Veröffentlichungen:

Hannover, B. & Kessels, U. (2004). Self-to-prototype matching as a strategy for making academic choices. Why German high school students do not like math and science. In: *Learning and Instruction*, 14 (1), pp. 51-67.

Hannover, B. & Kessels, U. (2002). Monoedukativer Anfangsunterricht in Physik: Auswirkungen auf Motivation, Selbstkonzept und Kurswahlverhalten von Gesamtschülerinnen und Gesamtschülern. In: *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 34, S. 201-215.

Kessels, U. & Hannover, B. (2004). Entwicklung schulischer Interessen als Identitätsregulation. In: J. Doll & M. Prenzel (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung*. Münster: Waxmann, S. 398-412.

Kessels, U. (2004). Mädchenfächer – Jungenfächer? Geschlechtertrennung im Unterricht. In: *Friedrich Jahresheft XXII*, S. 90-94.



## Die Förderung selbstbestimmter Formen der Lernmotivation in Elternhaus und Schule

Ein Schwerpunktprogramm  
der  
**DFG**

### Projektleitung

Prof. Dr. Elke Wild  
Arbeitseinheit Pädagogische  
Psychologie  
Universität Bielefeld

### Mitarbeiter/-innen

Dipl.-Psych. Monika Rammert  
Dipl.-Psych. Anita Siegmund

### Kontakt

Prof. Dr. Elke Wild  
Universität Bielefeld  
Abteilung für Psychologie  
Arbeitseinheit Pädagogische  
Psychologie  
Postfach 10 01 31  
33501 Bielefeld  
[elke.wild@uni-bielefeld.de](mailto:elke.wild@uni-bielefeld.de)  
Tel.: +49 (0) 521 106 4525  
Fax: +49 (0) 521 106 8017

### Internet

<http://www.uni-bielefeld.de/psychologie/ae/AE09/FORSCHUNG/Schwerpunkt.htm>

### Forschungsziele

Dieses Forschungsprojekt will zur Verbesserung der Bildungsqualität von Schule beitragen, indem Erkenntnisse über die Bedeutung häuslichen Lernens und des Zusammenspiels von Familie und Schule für die Entwicklung der Lernmotivation und Lernleistung im Fach Mathematik bereitgestellt werden, die dann in die Konzeption von Fördermaßnahmen einfließen.

Mit dem Begriff des ›häuslichen Lernens‹ möchten wir herausstellen, dass ein nicht unerheblicher Teil des Lernens außerhalb der Schule stattfindet und sich viele Eltern mit der Frage konfrontiert sehen, ob und in welcher Form sie die Bearbeitung der Hausaufgaben begleiten, mit ihrem Kind (noch) nicht beherrschte Fertigkeiten einüben und ihr Kind bei der Vorbereitung einer Klassenarbeit unterstützen. Bereits vorliegende Arbeiten dokumentieren, dass Eltern mehrheitlich bereit sind, sich um die schulischen Belange ihrer Kinder zu kümmern. Es fehlt jedoch an Studien zur Qualität und Effektivität solcher elterlichen Bemühungen.

Ziel des Projekts ist daher die Identifizierung besonders günstiger bzw. ungünstiger Lehr- und Motivierungsstrategien von Eltern im Fach Mathematik. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wird innerhalb des Projektes ein Elternt raining entwickelt, dessen Durchführung und Evaluation im Februar 2005 startet. Innerhalb dieses Trainings werden sowohl die subjektiven Theorien und Einstellungen der Eltern thematisiert als auch didaktische Strategien im Umgang mit häuslichen Lehr-Lern-Situationen vermittelt. Parallel wird ein Lehrertraining konzipiert und evaluiert, welches über die Veränderung von auf die Elternarbeit bezogenen subjektiven Theorien von Lehrern einen Beitrag zur Verbesserung der Eltern-Lehrerkooperation leisten soll.

### Theoretischer und methodischer Ansatz

Den Ausgangspunkt dieses Projektes bildet die Annahme, dass Kinder umso eher selbst bestimmte Formen der Lernmotivation entwickeln (d. h. aus Interesse am Fach bzw. mit dem Ziel der Erweiterung der eigenen mathematischen Kompetenzen lernen), je mehr sie ihre Eltern als emotional zugewandt, Autonomie unterstützend und strukturierend erleben. Direktiv-kontrollierende Verhaltensweisen von Eltern sollten dagegen eine negative Haltung der Kinder gegenüber den Lerninhalten forcieren und die Neigung erhöhen, ihre Lernbereitschaft von Kosten-Nutzen-Erwägungen abhängig zu machen.

Diese theoretischen Überlegungen basieren auf Kernannahmen der Selbstbestimmungstheorie von Ryan & Deci (2001) und der Person-Gegenstands-Theorie des Interesses (z. B. Krapp, 2003). Danach sollte das natürliche Bestreben, sich über die aktive Auseinandersetzung mit der Umwelt weiterzuentwickeln, anhalten, solange drei grundlegende psychologische Bedürfnisse (*basic needs*) befriedigt werden: das Bedürfnis nach Autonomie- und Kompetenzerleben sowie das Bedürfnis nach sozialer Einbindung.

Vor diesem Hintergrund zielt die auf sechs Jahre angelegte Längsschnittstudie auf eine Identifizierung derjenigen elterlichen Lehr- und Motivierungsstrategien ab, die sich als förderlich für die Lernmotivation von Schülerinnen und Schülern im Fach Mathematik erweisen. Ein besonderes Augenmerk wird hierbei auf die Veränderungen in den lernbezogenen Eltern-Kind- und Lehrer-Schüler-Interaktionen gerichtet, die mit dem Übergang in die Sekundarstufe I einhergehen. Zur Rekrutierung der Stichprobe (N $\geq$ 300) wurde im Frühjahr 2001 eine Zufallsstichprobe aus der Grundgesamtheit der Drittklässler im Raum Bielefeld gezogen. Die teilnehmenden Familien werden teils jährlich, teils auch halbjährlich (›Intensivstichprobe‹) zur Lernmotivation der Kinder sowie zum schulbezogenen Erziehungsstil der Eltern und ihrem Umgang mit schulischen Problemen befragt. Neben Selbstauskünften (Eltern- und Kinder-Fragebögen, halbstandardisierte Interviews) wird auch auf Verhaltensbeobachtungen (Videoaufzeichnungen alltäglicher Hausaufgabensituationen) rekurriert.

## Ausgewählte Ergebnisse

### *Deskriptive Befunde zur Entwicklung der Qualität des elterlichen schulbezogenen Erziehungsverhaltens*

Betrachtet man die häuslichen Lehr- und Motivierungsstrategien von Eltern von der 3. bis zur 5. Klasse, so wird deutlich, dass Kinder von der 3. Klasse bis zum Übergang in die Sekundarstufe I eine gleich bleibend hohe schulbezogene emotionale Unterstützung bei ihren Eltern wahrnehmen. D. h. sie erleben ihre Eltern durchgehend als an ihren schulischen Belangen interessiert, fühlen sich mehrheitlich von ihnen in Lernsituationen akzeptiert sowie wertgeschätzt und empfinden den hohen schulbezogenen Zuspruch ihrer Eltern als tröstend bzw. anspornend. Bezüglich der drei anderen Dimensionen des elterlichen schulbezogenen Erziehungsverhaltens (Autonomie unterstützende Hilfen, Struktur gebende Aktivitäten und leistungsorientierter Druck) zeigen sich hingegen kurvilinearere Verläufe: Kinder nehmen bei ihren Eltern in der 3. Klasse das höchste Ausmaß an Autonomieunterstützung, Struktur gebenden Aktivitäten, aber auch an leistungsorientiertem Druck wahr, wobei diese Werte in der 4. Klasse statistisch bedeutsam absinken, um dann nach dem Übertritt in die Sekundarstufe I wieder anzusteigen.

Insgesamt verändert sich somit das elterliche Instruktionsverhalten nach dem Übergang in die Sekundarstufe I dahingehend, dass Eltern ihre Kinder verstärkt ermutigen, ihre schulischen Belange selbstständig in den Griff zu bekommen und ihnen einen strukturellen Rahmen zu geben, indem sie konsistent Regeln und Standards vertreten. Zugleich zeigt es sich jedoch, dass Eltern tendenziell vermehrt Kontrolle und leistungsorientierten Druck ausüben und häufiger sanktionieren, wodurch eine extrinsische Motivation forciert wird.

### *Befunde zum Zusammenhang von elterlicher Instruktion und der Lernmotivation von Schülern*

In Einklang mit den theoretischen Überlegungen zeigen die Befunde, dass Kinder umso eher selbst bestimmte Formen der Lernmotivation entwickeln und sich mehr im Unterrichtsfach Mathematik anstrengen, je mehr sie ihre Eltern als emotional unterstützend und Autonomie unterstützend wahrnehmen. Darüber hinaus entwickeln Schüler umso eher Interesse für Mathematik, je emotional unterstützender sie das schulbezogene Erziehungsverhalten der Eltern erleben.

Das Ausmaß an Struktur gebenden Aktivitäten von Eltern (Schaffung von Regeln und Standards) steht zudem in einem positiven Zusammenhang zur Lernmotivation von Schülern und ihrer Bereitschaft, sich in Mathematik anzustrengen, wohingegen leistungsorientierter Druck von Eltern mit einer geringeren Mathematik bezogenen Anstrengungsbereitschaft und einer erhöhten Abneigung gegenüber dem Unterrichtsfach Mathematik verbunden ist.

### *Deskriptive Befunde zur Eltern-Lehrer-Kooperation*

Da sich die Zusammenarbeit von Elternhaus und Schule hier

zulande konfliktärer gestaltet als in anderen Ländern, wurden im Rahmen der Elternbefragung und einer Zusatzstudie mit Lehrern förderliche und hinderliche Bedingungen zu identifizieren versucht. Hierbei zeigte sich, dass – entgegen weit verbreiteten Stereotypen – die Mehrheit der Schüler auf die Unterstützung ihrer Eltern beim häuslichen Lernen zählen kann und sich Eltern in der Regel auch für die Förderung der schulischen Entwicklung verantwortlich fühlen, dieses Engagement aber auf den häuslichen Bereich beschränkt bleibt. Auch auf Seite der Lehrer ergibt sich insofern ein ermutigendes Bild, als diese in der Elternarbeit nicht einen an sie herangetragenen Anspruch sehen, den es pauschal zurückzuweisen gilt, weil er kaum einlösbare oder unangemessene Anforderungen impliziert. Allerdings hängt Art und Umfang der von Lehrern praktizierten Elternarbeit offenbar von den subjektiv veranschlagten Kosten und Nutzen eines solchen Engagements ab. Die durchaus aufgeschlossene Haltung setzt sich häufig deshalb nicht in intensive Kooperationsbemühungen um, weil Lehrer sich zum einen nicht entsprechend ausgebildet fühlen und zum anderen ein geringes Interesse auf Elternseite unterstellen, da sie die Teilnahme an Elternabenden und anderen von der Schule initiierten Maßnahmen als Indikator für das Elternengagement heranziehen.

## Bedeutung für die Praxis

Für die Verbesserung der Praxis werfen die Befunde zwei Fragen auf:

(1) Wie können Eltern darin unterstützt werden, angemessene Strategien einzusetzen (bzw. ggf. erst einmal zu erlernen) und dysfunktionale Formen des Umgangs mit häuslichen Lehr-Lern-Situationen nicht länger einzusetzen? Unser Elterntraining setzt u. a. an diesem Punkt an: In Kleingruppen werden die Teilnehmenden angeregt, ihre eigenen Erziehungsziele sowie Vorstellungen über Lernen und Wissen zu reflektieren und ein Repertoire an Strategien herauszubilden, so dass sie adaptiv, d. h. an den individuellen Fähigkeiten und Interessen ihres Kindes orientiert, vorgehen können. Da es zudem wichtig ist, die Signale des Kindes wahrzunehmen und in entwicklungsangemessener Weise zu beantworten, wird auch die elterliche Responsivität, also die Fähigkeit, feinfühlig, prompt und angemessen auf die Verhaltensäußerungen des Kindes zu reagieren, zum Gegenstand des Elterntrainings gemacht.

(2) Wie kann die Bereitschaft von Lehrern gestärkt werden, gemeinsam mit Eltern auf die bestmögliche Förderung von Schülern hinzuwirken? Das geplante Lehrertraining greift diese Frage auf und zielt einerseits darauf ab, Lehrer über Art, Umfang und Qualität elterlichen Schulengagements zu informieren um auf diese Weise etwaige Vorurteile abzubauen. Zum anderen wird an den subjektiven Theorien von Lehrern angesetzt, soweit sie die Bedeutung des häuslichen Lernens berühren und für die Formulierung und Aufarbeitung der (Probleme bei den) Hausaufgaben im Unterricht relevant sind.

## Ausgewählte Veröffentlichungen:

Wild, E. (2004). Häusliches Lernen – Forschungsdesiderate und Forschungsperspektiven. In: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Beiheft 3/2004*, S. 37-64.

Wild, E. & Hofer, M. (2002). Familien mit Schulkindern. In: M. Hofer, E. Wild & P. Noack (Hrsg.), *Lehrbuch Familienbeziehungen. Eltern und Kinder in der Entwicklung*. Göttingen: Hogrefe, S. 216-240.

Wild, E. & Remy, K. (2002a). Affektive und motivationale Folgen der Lernhilfen und lernbezogenen Einstellungen von Eltern. In: *Unterrichtswissenschaft, 30*, S. 27-51.

Wild, E. & Remy, K. (2002b). Quantität und Qualität der elterlichen Hausaufgabenbetreuung von Drittklässlern in Mathematik. In: M. Prenzel & J. Doll (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen*. Weinheim: Beltz, S. 276-290.



# Längsschnittliche und prozessuale Evaluation eines Trainingsprogramms für Schülerinnen und Schüler verschiedener Klassenstufen zur Förderung von Selbstregulation und Problemlösen unter Einbezug der Eltern

Ein Schwerpunktprogramm  
der  
**DFG**

## Projektleitung

Prof. Dr. Bernhard Schmitz  
Institut für Pädagogische  
Psychologie  
Technische Universität Darmstadt

Prof. Dr. Regina Bruder  
Didaktik der Mathematik  
Technische Universität Darmstadt

## Mitarbeiter/-innen

Dipl.-Psych. Silke Hertel  
Dipl.-Psych. Barbara Otto  
Dr. Franziska Perels

## Kontakt

Prof. Dr. Bernhard Schmitz  
Institut für Pädagogischen  
Psychologie  
Technische Universität Darmstadt  
Hochschulstr. 1  
64289 Darmstadt  
[schmitz@psychologie.tu-darmstadt.de](mailto:schmitz@psychologie.tu-darmstadt.de)  
Tel.: +49 (0) 6151 162015  
Fax: +49 (0) 6151 166638

## Internet

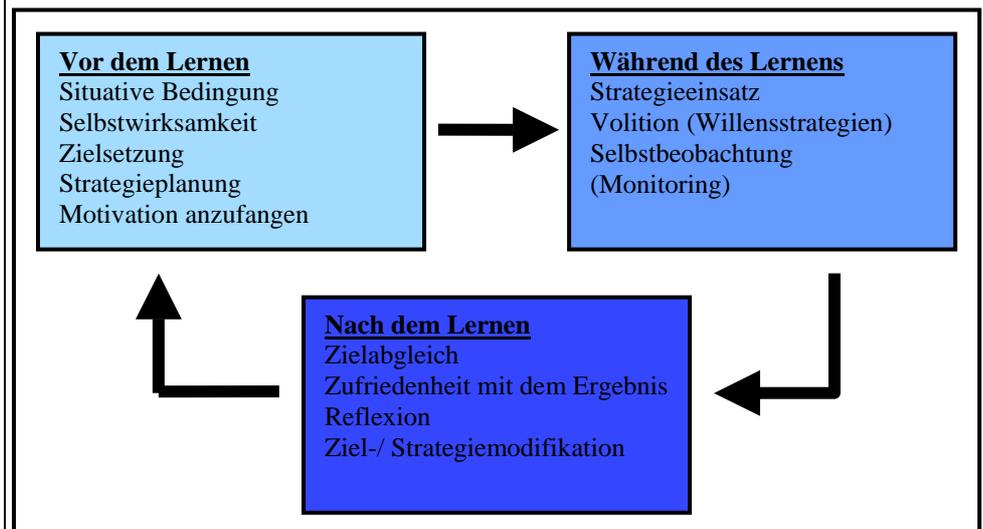
[www.tu-darmstadt.de/  
fb/fb3/psy/paedpsy/dfg.htm](http://www.tu-darmstadt.de/fb/fb3/psy/paedpsy/dfg.htm)

## Forschungsziele

Da in der *ersten Projektphase* nachgewiesen wurde, dass die Vermittlung von Selbstregulations- und Problemlöseinhalten in der Jahrgangsstufe 8 (Gymnasium) zu einer Optimierung des selbst regulierten Lernens als auch zur Verbesserung des mathematischen Problemlösens führt, sollte aufbauend auf diesen Erkenntnissen in der *zweiten Projektphase* zunächst überprüft werden, ob ein entsprechendes Trainingsprogramm zur Förderung dieser Schlüsselqualifikationen bereits zu einem früheren Zeitpunkt implementiert werden kann. Daher wurde als Zielgruppe die Jahrgangsstufe 5 (Gymnasium) gewählt. Weiterhin wurden in der zweiten Projektphase die Eltern in das Trainingsprogramm eingebunden, da sie in der außerschulischen Hausaufgabensituation erheblichen Einfluss auf das Lernverhalten nehmen können. Der Einfluss der Eltern auf das außerschulische Lernen sollte demnach in der zweiten Projektphase ebenfalls überprüft werden.

## Theoretischer und methodischer Ansatz

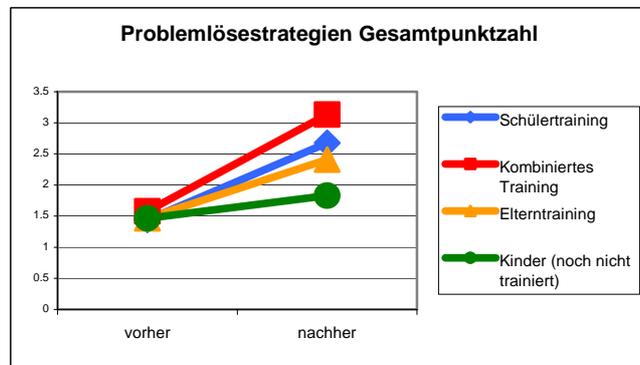
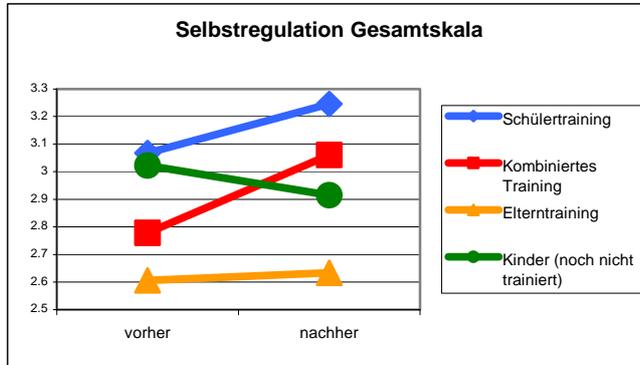
Grundlage der Trainingskonzeption bildete ein erweitertes Selbstregulationsmodell (Zimmerman, 2000; Schmitz, 2001), das den Lernprozess in drei Phasen untergliedert (s. Abbildung).



Die Schüler erhielten insgesamt zehn 90-minütige Trainingseinheiten in wöchentlichem Abstand. Diese Trainingseinheiten fanden außerhalb des regulären Unterrichts statt. Die Eltern nahmen an insgesamt acht Trainingseinheiten á 2,5 Stunden teil. Die Abfolge der Trainingseinheiten entsprach den Phasen des Modells. Zentrale Aspekte bei der Trainingsdurchführung waren demnach zunächst, den Schülern und Eltern zu vermitteln, wie man sich günstige situative Bedingungen für das Lernen schafft, sich angemessene Lernziele setzt, das Vorgehen plant und sich selbst motiviert. Weiterhin wurden volitionale Strategien erarbeitet, um die Schüler und Eltern zu instruieren, wie man mit Ablenkungen beim Lernen umgehen kann. Zudem wurden die Problemlösestrategien Selektion, Skizze, Überschlag, Zerlegung und Probe thematisiert, die das Lösen mathematischer Textaufgaben erleichtern. Zur Anregung der Selbstbeobachtung und Reflexion wurden Tagebücher eingesetzt, die sowohl von den Schülern als auch von den Eltern während des Trainingszeitraums täglich auszufüllen waren. In den letzten Trainingseinheiten beschäftigten sich die Teilnehmer damit, wie man mit den Lernergebnissen umgeht. Hierzu zählte sowohl welche günstigen Begründungen es für einen Erfolg bzw. Misserfolg gibt (Attribution) als auch die Anwendung der individuellen Bezugsnorm als Vergleichsmaßstab.

## Zentrale Ergebnisse

Als zentrales Ergebnis aus den erfolgten Auswertungen der längsschnittlichen Instrumente lässt sich zunächst festhalten, dass sowohl das selbstregulierte Lernen als auch das mathematische Problemlösen bereits in der Jahrgangsstufe 5 gefördert werden können. Besonders erfolgreich war das Trainingsprogramm, wenn Schüler und Eltern zeitgleich daran teilnahmen (s. Abbildungen).



Demnach erwies sich die Einbeziehung der Eltern als wichtige Komponente bei der Entwicklung und Förderung selbst gesteuerten außerschulischen Lernens.

## Ausblick auf die Forschungsarbeit der dritten Projektphase

Bei einem abschließenden Gespräch zu Optimierungsmöglichkeiten des durchgeführten Trainingsprogramms legten uns die Eltern nahe, ein entsprechendes Training bereits vor dem Übergang zur Sekundarstufe I durchzuführen, um auftretenden Schwierigkeiten präventiv begegnen zu können.

## Ausgewählte Veröffentlichungen:

- Bruder, S., Perels, F. & Schmitz, B. (2004). Selbstregulation und elterliche Hausaufgabenunterstützung. Die Evaluation eines Elterntrainings für Kinder der Sekundarstufe 1. In: *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 36, S. 139-146.
- Gürtler, T., Perels, F., Schmitz, B. & Bruder, R. (2002). Training zur Förderung selbstregulativer Fähigkeiten in Kombination mit Problemlösen in Mathematik. In: M. Prenzel & J. Doll (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen*. Weinheim: Beltz, S. 222-239. (=45. Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik)
- Perels, F., Bruder, R., Gürtler, T. & Schmitz, B. (2003). Das eigene Tun beobachten. Aufgaben zur Förderung von Selbstregulation und Problemlösen. In: *Friedrich Jahresheft XXI*, S. 66-70.
- Perels, F., Bruder S., Bruder R. & Schmitz, B. (2004). Erfolgreicher Mathematik lernen. In: *Praxis Schule 5-10*, 5, S. 10-14.
- Perels, F., Schmitz, B. & Bruder, R. (2003). Trainingsprogramm zur Förderung der Selbstregulationskompetenz von Schülern der achten Gymnasialklasse. In: *Unterrichtswissenschaft*, 31, S. 23-38.
- Schmitz, B. (2003). Selbstregulation – Sackgasse oder Weg mit Forschungsperspektive? In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 17, S. 221-232.

Zudem sollten die auf Effektivität überprüften Trainingsmodule nicht nur auf den häuslichen sondern auch auf den schulischen Bereich angewendet werden. Daraus ergab sich als Zielsetzung für die *dritte Projektphase*, eine Interventionsmaßnahme bei Schülern der vierten Jahrgangsstufe zu planen, um einen möglichst frühen Zeitpunkt einer Förderung dieser Schlüsselqualifikationen für den weiteren schulischen und beruflichen Lebenslauf zu erproben. Zusätzlich sollen Optimierungsmöglichkeiten des Lernverhaltens von Viertklässlern dadurch erreicht werden, dass sowohl den Mathematiklehrkräften als auch den Eltern ein Trainingsprogramm angeboten wird. Inhaltlich soll es in diesen beiden Trainingsprogrammen darum gehen, sowohl Wissen über den selbstregulativen Lernprozess zu vermitteln als auch Möglichkeiten zu erarbeiten, wie die Förderung des selbstregulierten Lernens im Unterricht bzw. in der Hausaufgaben-situation umgesetzt werden kann.

## Bedeutung für die Praxis

Durch die Erprobung effektiver Trainingsmodule zur Förderung von Selbstregulation und mathematischem Problemlösen lassen sich wertvolle Hinweise ableiten, die die Qualität von Unterricht und Bildung auf verschiedenen Ebenen positiv beeinflussen können:

- (1) **Lehrplan und Curriculumentwicklung:** Es bestehen bereits Kooperationen mit regionalen Schulen, in denen gemeinsam mit den Lehrkräften Projektstage zum selbst regulierten Lernen angeboten werden. Diese sollen im Rahmen des Curriculums fest implementiert werden.
- (2) **Lehrerbildung:** Das Konzept des selbstregulierten Lernens soll bereits in der Lehrerbildung vermittelt werden. Daher werden effektive Trainingsmodule und Trainingsmaterialien für den Einsatz in der universitären Lehrerbildung weiterentwickelt.
- (3) **Lehrerfortbildung:** Die Ergebnisse aus den Untersuchungen werden zu Fortbildungskonzepten zum selbst regulierten Lernen weiterentwickelt.
- (4) **Handbücher:** Auf der Basis der Ergebnisse unserer Studien werden Handbücher für Schüler, Eltern und Lehrkräfte entwickelt, die zielgruppenspezifische Materialien zur Förderung des selbstregulierten Lernens enthalten.
- (5) **Regionale Öffentlichkeitsarbeit:** Informationsveranstaltungen (Vorträge, themenspezifische Elternabende) sowie Presseberichte werden bereits durch unsere Arbeitsgruppe realisiert und sollen weiter intensiviert werden.



Ein Schwerpunktprogramm  
der  
**DFG**

### **Projektleitung**

Prof. Dr. Regina Bruder  
Fachbereich Mathematik  
Technische Universität Darmstadt

Prof. Dr. Bernhard Schmitz  
Fachbereich Erziehungswissenschaft,  
Psychologie und Sportwissenschaft  
Technische Universität Darmstadt

### **Mitarbeiter/-innen**

Dipl.-Math. Evelyn Komorek  
Pädagogin M.A. Marina Ströbele

### **Kontakt**

Prof. Dr. Regina Bruder  
Fachbereich Mathematik  
Arbeitsgruppe Fachdidaktik  
Schloßgartenstraße 7  
64289 Darmstadt

[bruder@mathematik.tu-darmstadt.de](mailto:bruder@mathematik.tu-darmstadt.de)

Tel.: +49 (0) 6151 16 3688  
Fax: +49 (0) 6151 16 2587

### **Internet**

[http://www.mathematik.tu-darmstadt.de/ags/ag11/Forschung\\_Projekte.htm](http://www.mathematik.tu-darmstadt.de/ags/ag11/Forschung_Projekte.htm)

## **Konzeption, Durchführung und längsschnittliche sowie prozessuale Evaluation eines Fortbildungsprogramms für Lehrer/innen zur Förderung von Problemlösen und Selbstregulation in Verbindung mit Hausaufgaben im Mathematikunterricht der Sekundarstufe I**

### **Forschungsziele**

Langfristiges Anliegen des gesamten Projektes ist es, fachspezifische und selbstregulative Kompetenzen von Schüler/innen/n der Sekundarstufe I zu verbessern. In der gegenwärtigen Phase geht es darum, Konzepte für eine nachhaltige Lehrer/innen/fortbildung auszuarbeiten und zu evaluieren. Die Vorstufen dafür bilden das in der 2. Projektphase erfolgreich evaluierte Ausbildungskonzept für die universitäre Phase der Lehramtausbildung und die im Sommersemester 2003 durchgeführten Lehrer/innen/trainings im Referendariat. Die Entwicklung von Problemlösen und Selbstregulation bei den Schüler/innen/n soll unter Unterrichtsbedingungen in Abhängigkeit von Inhalt und Gestaltung einer entsprechenden Fortbildung der Lehrkräfte exemplarisch für die Klassenstufe 7 und 8 längsschnittlich und prozessual über ein Schuljahr evaluiert werden.

### **Theoretischer und Methodischer Ansatz**

Den theoretischen Hintergrund der Unterrichtskonzeption bildet u. a. eine Theorie von Bruder (2003) wonach Problemlösen, wenn es im Mathematikunterricht mit Alltagsbezügen von verwendeten heuristischen Strategien verbunden wird, geistige Beweglichkeit (Kreativität), logisches Strukturieren und Analysieren fördert und sich auf diese Weise Metakompetenz (triadisches Denken) durch vielseitig verwendbares Strategiewissen entwickelt.

Eine weitere zentrale theoretische Grundlage der Trainingskonzeption bilden die Selbstregulationsmodelle von Zimmerman (2000) und Schmitz (2001). Es werden u. a. wichtige Aspekte wie Zielsetzung, Selbstbeobachtung, Selbstmotivierung, Volition, Lernstrategien, Selbstreflexion, Selbstbewertung und Ziel- bzw. Strategiemodifikation integriert.

Ziel der Unterrichtskonzeption ist es, Problemlöseelemente, d. h. heuristische Strategien (z. B. Vorwärts- und Rückwärtsarbeiten), Prinzipien (z. B. Zerlegungsprinzip, Invarianzprinzip) und Hilfsmittel (z. B. informative Figur, Gleichung, Tabelle) in Kombination mit Selbstregulationselementen (z. B. Ziele, Volition, Motivation, Ergebniseinschätzung und Reflexion) im Unterricht einzuführen und zu nutzen und auch die Hausaufgaben so zu gestalten, dass die Schüler/innen diese Elemente einsetzen und die Anwendung dieser Strategien und Techniken als nützlich erfahren können.

Zur Vermittlung der Unterrichtskonzeption an die Lehrkräfte wurde ein Fortbildungsprogramm in zwei Durchführungsvarianten erarbeitet: als Kompaktraining auf Fachschaftsebene mit anschließendem unterrichtsbegleitendem Coaching und in der zweiten Variante als betreutes Webbased Training.

Die Effekte beider Varianten auf die Unterrichtsleitbilder und themenspezifischen Vorstellungen der Lehrkräfte sollen unterrichtsbegleitend über ein Schuljahr erfasst werden. Dazu werden die Repertory Grid Befragung und ein standardisiertes Unterrichtstagebuch für Lehrkräfte (Monitoring) eingesetzt. Parallel dazu wird die Wirksamkeit des Unterrichts der fortgebildeten Lehrkräfte längsschnittlich anhand der Schülerleistungen in Mathematik und der Lerneinstellungen im Kontext von Hausaufgaben untersucht.

### **Bisherige Ergebnisse**

Um realistische Möglichkeiten für ein praktikables Unterrichtskonzept zu finden, wurde im Schuljahr 2002/2003 mit besonders engagierten Lehrkräften (Versuchslehrer/innen/n) zusammengearbeitet. Diese Lehrkräfte stehen der entwickelten Unterrichtskonzeption entsprechend aufgeschlossen gegenüber. Die gegenwärtige Erprobung im Feld muss zeigen, ob die Konzeption auch dann noch so gut aufgenommen und umgesetzt werden kann, wenn mit heterogenen Lehrergruppen gearbeitet wird.

Die Evaluation der Zusammenarbeit mit den Versuchslehrer/innen ließ positive Tendenzen erkennen. Beispielsweise konnte mit der Repertory Grid Befragung festgestellt werden, dass sich die Fortbildungsinhalte in den Grids der Ausgangsbefragung der Versuchslehrer/innen widerspiegeln und sich im Vergleich zur Eingangsbefragung eine veränderte, tiefgründigere Auseinandersetzung mit Mathematikaufgaben, insbesondere auch unter dem Blickwinkel von Problemlösen, abzeichnet.

Im Projekt wurden Tests entwickelt und zur Erprobung eingesetzt. Sie sind noch nicht geeicht und dürfen deshalb nicht als Beleg zur Überprüfung von Forschungshypothesen angesehen werden. Die Testergebnisse können aber betrachtet werden, um Bedingungen der Projektdurchführung zu beschreiben und um über Ursachen von Entwicklungen der Schulleistungen im Projektverlauf zu diskutieren. Die Auswertung dieser Schülertests ergab Leistungssteigerungen vor allem bei Schüler/innen im unteren Leistungsdrittel. Das Resultat stimmt mit Aussagen mehrerer Lehrer/innen im Rahmen der Lehrer/innenbefragung überein, die davon berichten, dass Problemlösenlernen besonders für leistungsschwächere Schüler/innen hilfreich ist.

Eine im Sommersemester 2003 durchgeführte Lehrveranstaltung zur Vermittlung der entwickelten Unterrichtskonzeption an der Technischen Universität Darmstadt wurde von den Studierenden äußerst positiv wahrgenommen, was Inhalte und Art der Veranstaltung sowie Kenntnis- und Kompetenzzuwächse bei den Studierenden betrifft, und konnte positiv evaluiert werden.

Von Februar bis Juni 2004 wurde die Unterrichts- und Hausaufgabenkonzeption mit zukünftigen Lehrkräften in der zweiten Ausbildungsphase (Referendariat) erprobt. Die Auswertungen sind noch nicht abgeschlossen.

### **Bedeutung für die Praxis**

Für die Unterrichtsgestaltung ergeben sich die folgenden Konsequenzen:

- Vermittlung heuristischer Strategien in Kombination mit selbstregulativen Lernstrategien
- Zielorientierung und Motivierung mit Lebensweltbezügen
- Binnendifferenzierung und individuelle Rückmeldung
- klar umrissenes Grundlagenwissen und Grundkönnen handlungsorientiert entwickeln und präsent halten
- Förderung der Verantwortungsübernahme für das eigene Lernen
- Anregung zur Reflexion der eigenen Lerntätigkeit

### **Konkret sieht dies wie folgt aus:**

Die Schüler/innen lernen, sich herausfordernde aber auch erreichbare schulbezogene Ziele zu setzen und diese konsequent und bewusst zu verfolgen. Dies betrifft sowohl mittelfristige Ziele (z.B. Mathenote in der nächsten Arbeit, am Ende des Halbjahres usw.) als auch kurzfristige Ziele (Hausaufgaben in dieser Woche immer anfertigen, Fehlerquote bei den Hausaufgaben verbessern, Fehler analysieren, Ordnung am Arbeitsplatz usw.)

Die Schüler/innen werden zugleich an ein zielgerichtetes, strukturiertes Vorgehen beim Lösen mathematischer Probleme herangeführt. Sie lernen heuristische Strategien und deren Nützlichkeit kennen und wenden diese Strategien bewusst an. Langfristig soll bei den Lernenden eine allgemeine Orientierungsgrundlage ausgebildet werden, die es ihnen ermöglicht individuell schwierige Aufgaben erfolgreich zu bearbeiten und Lernsituationen selbstständig und eigenverantwortlich zu meistern.

### **Beispiel – Entwicklung einer Vision**

Tobias aus der Klasse 7a könnte sich vornehmen, seine Leistungen im aktuellen Schulhalbjahr zu verbessern. Dieses Hauptziel kann er in Unterziele unterteilen, indem er einen Lernplan für die nächste Klassenarbeit erstellt. Er plant, sich aktiv am Unterricht zu beteiligen und stets seine Hausaufgaben gewissenhaft zu erledigen.

Zur Erreichung des gesetzten Ziels wählt er verschiedene Strategien aus und wendet solche an, die ihn der Erreichung seines Ziels näher bringen. Dabei kommen sowohl fachspezifische (heuristische Strategien) als auch fächerübergreifende Strategien wie Willenseinsatz (Umgang mit Ablenkern, Strategien gegen Aufschieben), Konzentration und Selbstmotivation zum Einsatz. Da Tobias die Anfertigung seiner Hausaufgaben gerne aufschiebt, könnte es für ihn hilfreich sein, die Hausaufgaben in Portionen einzuteilen und sich nach der erfolgreichen Erledigung einer jeden Portion zu belohnen. Weil Tobias Probleme hat, mathematische Textaufgaben zu lösen, könnte er stets versuchen, sich das in der Aufgabe dargestellte Problem z.B. grafisch zu veranschaulichen.

Am Ende des Lernvorgangs (nach jeder Hausaufgabe und nach der Klassenarbeit) vergleicht Tobias sein Ergebnis mit dem angestrebten Ziel. Ist das Ziel zufriedenstellend erreicht, so kann er sich der Verfolgung eines neuen Ziels zuwenden (z. B. auch in der nächsten Arbeit wieder eine gute Note zu schreiben). Konnte Tobias das Ziel nicht erreichen, so wird er als selbstregulierter Schüler überlegen, wo die Ursache für seine Probleme liegen. Muss er vielleicht zuerst Lücken im Basiswissen schließen? Oder war das Ziel falsch gewählt und muss verändert werden? Vielleicht wären andere Strategien sinnvoller gewesen? Tobias wird die Antworten auf diese Fragen finden und weiter an der Erreichung des Ziels arbeiten.

Tobias reflektiert und bewertet dabei sein Vorgehen und ist so in der Lage, nötige Veränderungen seines Verhaltens zu erkennen und einzuleiten. Er überlegt regelmäßig, ob seine Art der Vorbereitung auf die Klassenarbeit bzw. das Vorgehen bei der Bearbeitung der Hausaufgaben den Anforderungen angemessen ist.

Es wird deutlich, dass ein Schüler, der wie Tobias, eigenverantwortlich und selbstreguliert lernen gelernt hat, in höherem Maße den Anforderungen des schulischen und später des Berufslebens gerecht werden kann.

### **Ausgewählte Veröffentlichungen:**

Bruder, R. (2002). Lernen, geeignete Fragen zu stellen. Heuristik im Mathematikunterricht. In: *mathematik lehren* 115, S. 4-8.  
Komorek, E. Bruder, R., Schmitz, B. (2004). Integration evaluierter Trainingskonzepte für Problemlösen und Selbstregulation in den Mathematikunterricht. In: J. Doll & M. Prenzel (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule. Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung*. Münster: Waxmann.



## Selbstregulation von Lernstrategien beim Wissenserwerb aus naturwissenschaftlichen Sachtexten

Ein Schwerpunktprogramm  
der  
**DFG**

### Projektleitung

Prof. Dr. Detlev Leutner  
Lehrstuhl für Lehr-  
Lernpsychologie der  
Universität Duisburg-Essen

### Mitarbeiter/-innen

Claudia Leopold  
Viola Rump

### Kontakt

Dipl.-Päd. Claudia Leopold  
Forschergruppe  
»Naturwissenschaftlicher  
Unterricht«  
Universität Duisburg-Essen  
Schützenbahn 70  
45127 Essen

[claudia.leopold@uni-essen.de](mailto:claudia.leopold@uni-essen.de)

Tel.: +49 (0) 201 183 4674  
Fax: +49 (0) 201 183 4350

### Internet

[www.uni-essen.de/llpsych/](http://www.uni-essen.de/llpsych/)

### Forschungsziele

Schüler stehen in der Schule immer wieder vor der Aufgabe, selbstständig Wissen aus Sachtexten zu erwerben. Die Ergebnisse der PISA-Studie zeigen jedoch, dass deutsche Schüler nur unterdurchschnittliche Leistungen erzielen, wenn sie Informationen aus Texten ermitteln, interpretieren und bewerten sollen. Ein großer Anteil der untersuchten Schüler ist zwar in der Lage, Texte zu lesen, versteht jedoch nicht die Bedeutung des Gelesenen. Die Ursachen dafür sind vielfältig. Sie beziehen sich u. a. auf Faktoren wie Motivation, Interesse, verbale Fähigkeit und den Einsatz von Lernstrategien. Wir konzentrieren uns in diesem Projekt auf den Lernstrategieeinsatz, weil er trainierbar ist und deshalb auch Möglichkeiten für pädagogische Interventionen aufzeigt.

Im Projekt wurde zunächst untersucht, welche Lernstrategien Schüler unterschiedlicher Altersstufen bereits kennen und anwenden, um Wissen aus Sachtexten zu erwerben, und in welcher Weise der Strategieeinsatz mit ihrem Wissenserwerb zusammenhängt. Die Ergebnisse zeigen, dass Schüler vielfältige Lernstrategien verwenden, wobei vor allem die Qualität des Lernstrategieeinsatzes entscheidend für den Lernerfolg ist. Auf der Basis dieser Ergebnisse wurde ein computerbasiertes bzw. lehrerbasiertes Trainingsprogramm entwickelt, die den Einsatz von Lernstrategien mit Selbstregulationsstrategien kombinieren, um auf diese Weise die Qualität des Lernstrategieeinsatzes sicher zu stellen. Die Wirksamkeit des Trainings wurde in verschiedenen Lehr-Lernexperimenten evaluiert. Es zeigte sich, dass ein kombiniertes Lernstrategie-Selbstregulationstraining einem einfachen Lernstrategietraining oder einem Kontrolltraining überlegen ist. Deshalb untersuchen wir nun, inwieweit das Trainingsprogramm langfristig von Lehrern in den alltäglichen naturwissenschaftlichen Unterricht eingebettet werden kann und inwieweit es dort nachhaltige Wirkungen zeigt.

### Theoretischer und methodischer Ansatz

Theoretischer Hintergrund unseres Trainingsansatzes sind Theorien selbstregulierten Lernens, die davon ausgehen, dass der kombinierte Einsatz von Lern- und Regulationsstrategien die Lernergebnisse verbessert (vgl. Pintrich, 2000; Zimmerman, 2000).

Lernstrategien sind auf die kognitive Verarbeitung des Lernstoffs gerichtet. Zu ihnen gehören Strategien wie z. B. den Lernstoff zu strukturieren, sich Zusammenhänge zwischen wichtigen Inhalten zu veranschaulichen oder eine Zusammenfassung des Lernstoffs zu erstellen. Regulationsstrategien sind den Lernstrategien übergeordnet, da sie nicht direkt auf die Verarbeitung des Lernstoffs gerichtet sind, sondern den Einsatz von Lernstrategien planen, überwachen und regulieren.

In der bisherigen Forschung zum selbstregulierten Lernen bezieht sich die Überwachung und damit die Regulation des Lernprozesses primär auf das *Ergebnis* der Nutzung kognitiver Strategien: Der Lernprozess beim Lesen eines Textes verläuft optimal, wenn das, was gelesen und verarbeitet wird, auch verstanden wird. Treten Verstehensprobleme auf, wird in aller Regel eine andere kognitive Strategie angewandt oder das angestrebte Ziel modifiziert. Im Gegensatz dazu gehen wir in unserem prozessorientierten Trainingsansatz (vgl. Leopold & Leutner, 2004; Leutner & Leopold, im Druck; Schreiber, 1998) davon aus, dass es nicht ausreicht, wenn der Lernende nur sein Lernergebnis überwacht. Stattdessen muss er vor allem seinen *Lernstrategieeinsatz* überwachen. So wird eine Lernstrategie nur dann zu den erwünschten Ergebnissen führen, wenn sie auch qualitativ gut und richtig ausgeführt wird. Die Qualität der Lernstrategie kann der Lernende überwachen, indem er überprüft, ob er jeden einzelnen Teilschritt der Strategie zielführend ausgeführt hat. Im Gegensatz zu einer Art »Endkontrolle«, die auf das Ergebnis des Lernprozesses gerichtet ist, geht es in unserem Trainingsansatz um eine »Prozesskontrolle«, was – um ein Beispiel aus einem völlig anderen Bereich heranzuziehen – in der industriellen Produktion als Voraussetzung für die Prozessqualität eines Produktionsprozesses angesehen wird. Der Vorteil dieses Ansatzes ist, dass der Lernende nicht nur mehr, sondern auch spezifischere Rückmeldungen über seinen Lernprozess erhält, die einen besseren Ausgangspunkt für die adäquate Regulation des Lernprozesses darstellen.

## Ausgewählte Ergebnisse

### Korrelationsstudie: Schüler der Klassen 5, 7, 9 und 11

*Nutzungshäufigkeit von Lernstrategien in Abhängigkeit vom Alter*

Mit zunehmendem Alter berichten Schüler eine häufigere Verwendung von tiefenorientierten Lernstrategien (die auf das Verständnis des Lernstoffs gerichtet sind) und von Regulationsstrategien. Der Einsatz von oberflächlichen Wiederholungsstrategien (die auf das Auswendiglernen des Lernstoffs gerichtet sind) nimmt dagegen mit dem Alter ab.

*Zusammenhang zwischen Lernstrategieeinsatz und Lernerfolg in Abhängigkeit vom Alter*

Der Zusammenhang zwischen dem Einsatz von tiefenorientierten Lernstrategien bzw. Regulationsstrategien und dem Lernerfolg steigt generell mit zunehmendem Alter. Bei der Verwendung von Wiederholungsstrategien zeigt sich ein anderer Verlauf. Mit zunehmender Jahrgangsstufe nimmt der Zusammenhang zwischen dem Einsatz von Wiederholungsstrategien und dem Lernerfolg ab und sinkt schließlich deutlich in den negativen Bereich. Wenn der Lernstrategieeinsatz inhaltspezifisch erfasst wird (bei den Strategien »Bildliches vorstellen« und »Begriffe verknüpfen«) ist der altersabhängige Zusammenhang wesentlich deutlicher als bei Lernstrategien, die keinen Bezug zu spezifischen Textinhalten enthalten (vgl. Abbildung 1)

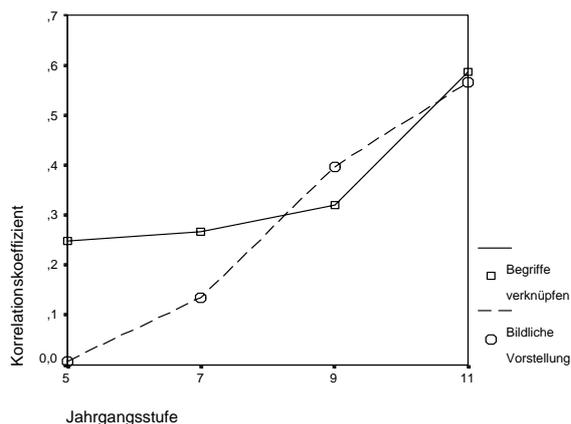


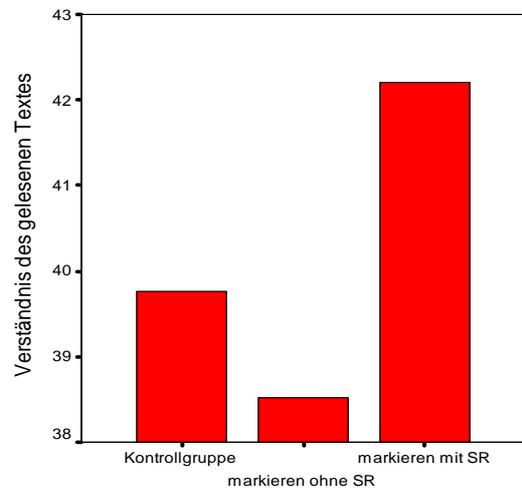
Abbildung 1

### Ergebnisse dreier Trainingsstudien zum Selbstregulierten Lernen mit Texten: Schüler der Klasse 10

*Ist ein kombiniertes Lern- und Regulationsstrategietraining einem einfachen Lernstrategietraining bzw. keinem Training beim Lernen mit Texten überlegen?*

In drei Trainingsstudien zur (1) Regulation des Einsatzes der Textmarkierungsstrategie (vgl. z. B. Abb. 2), (2) Regulation

des Einsatzes der Mappingstrategie und (3) Regulation des Einsatzes einer Visualisierungsstrategie erwies sich ein kombiniertes Lernstrategie-Selbstregulationsstraining gegenüber einem einfachen Lernstrategietraining als überlegen. Im Vergleich zu einem Kontrolltraining war das kombinierte Training vor allem dann überlegen, wenn das langfristige Verständnis eines zuvor gelesenen Textes erfasst wurde.



### Bedeutung für die Praxis

Die Ergebnisse unterstützen den prozessorientierten Trainingsansatz, denn die qualitätsbezogene Regulation des Strategieeinsatzes erwies sich wiederholt als lernwirksam. Im Vergleich dazu war das alleinige Training der Textmarkierungsstrategie (vgl. Abb. 2), Mappingstrategie und Visualisierungsstrategie (langfristig) gegenüber einer Kontrollgruppe nicht überlegen.

Ein Lernstrategietraining sollte demzufolge nicht nur einzelne Lernstrategien, sondern darüber hinaus auch metakognitive Kontroll- und Regulationsstrategien ganz gezielt mit trainieren, um eine qualitätsbezogene Ausführung der kognitiven Strategien bewusst zu machen und zu fördern. Erst die Kombination aus Lernstrategieeinsatz und dessen Selbstregulation ermöglicht es dem Lernenden, seinen Lernstrategieeinsatz flexibel zu steuern, was zu besseren Lernergebnissen führt.

Aktuell wird in einer breit angelegten Studie untersucht, inwieweit das Trainingsprogramm langfristig von Lehrern in den alltäglichen naturwissenschaftlichen Unterricht eingebettet werden kann und dort nachhaltige Wirkungen zeigt. Sollte sich das Trainingsprogramm auch dort bewähren, wäre dies ein guter Grund, es am Ende des Schwerpunktprogramms für den breiten schulischen Einsatz zu empfehlen.

### Ausgewählte Veröffentlichungen:

- Leopold, C. & Leutner, D. (2002). Der Einsatz von Lernstrategien in einer konkreten Lernsituation bei Schülern unterschiedlicher Jahrgangsstufen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 45. Beiheft, S. 240-258.
- Leopold, C. & Leutner, D. (2004). Selbstreguliertes Lernen und seine Förderung durch Prozessorientiertes Training. In: J. Doll & M. Prenzel (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung*. Münster: Waxmann, S. 364-376.
- Leutner, D. & Leopold, C. (im Druck). Selbstregulation beim Lernen aus Sachtexten. In: H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien*.
- Schreiber, B. (1998). *Selbstreguliertes Lernen*. Münster: Waxmann.
- Pintrich, P. R. (2000). The role of goal orientation in self-regulated learning. In: M. Boekaerts, P. R. Pintrich & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulated learning*. San Diego: Academic Press, p. 451-502.
- Zimmerman, B. J. (2000). Attaining self-regulation: a social cognitive perspective. In: M. Boekaerts, P. R. Pintrich & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulated learning*. San Diego: Academic Press, p. 13-39.



Ein Schwerpunktprogramm  
der  
**DFG**

### Projektleitung

Prof. Dr. E. Klieme  
Deutsches Institut für  
Internationale Pädagogische  
Forschung (DIPF)  
Frankfurt am Main

Dr. F. Lipowsky  
(Lehrerfortbildung)

### Mitarbeiter/-innen

Dr. Frank Lipowsky  
Dipl. Psych. Katrin Rakoczy  
Dr. Nadja Ratzka

### Kontakt

Dr. Frank Lipowsky  
Deutsches Institut für  
Internationale Pädagogische  
Forschung (DIPF)  
Schloßstr. 29  
60486 Frankfurt  
[lipowsky@dipf.de](mailto:lipowsky@dipf.de)  
Tel.: +49 (0) 69 9709 7613  
Fax.: +49 (0) 69 9709 7616

### Internet

[http://www.dipf.de/themenbereich/e/qualitaetssicherung\\_pythagoras.htm](http://www.dipf.de/themenbereich/e/qualitaetssicherung_pythagoras.htm)

[http://www.dipf.de/themenbereich/e/qualitaetssicherung\\_videogestuetzte\\_lehrerfortbildung.htm](http://www.dipf.de/themenbereich/e/qualitaetssicherung_videogestuetzte_lehrerfortbildung.htm)

## Unterrichtsqualität und mathematisches Verständnis in verschiedenen Unterrichtskulturen

### Forschungsziele

Das Projekt »Unterrichtsqualität und mathematisches Verständnis in verschiedenen Unterrichtskulturen« untersucht den Mathematikunterricht in Deutschland und der Schweiz.

Schulleistungsstudien wie TIMS und PISA geben wertvolle Hinweise auf die Effektivität schulischer Bildungsmaßnahmen im internationalen und nationalen Vergleich. Differenzierte Aussagen zu unterrichtlichen Lerngelegenheiten erfordern jedoch ein sehr viel stärker ausdifferenziertes Konzept von Unterrichtsqualität und einen eher mikrogenetischen Untersuchungsansatz. Einen solchen Ansatz verfolgt das Projekt, das am DIPF und an der Universität Zürich durchgeführt wird.

Die Ziele des Projekts beziehen sich auf unterschiedliche Fragestellungen. Zum einen will das Projekt Zusammenhänge zwischen Unterrichtsmerkmalen, unterrichtsrelevanten Schülermerkmalen und verschiedenen Zielen des Mathematikunterrichts sichtbar machen und erklären. In diesem Zusammenhang sollen die Wirksamkeit methodisch-didaktischer Vorgehensweisen im Mathematikunterricht differenziell untersucht und Ursachen für die höheren Leistungen Schweizer Schüler/innen im Fach Mathematik, wie sie durch die TIMS- und durch die PISA-Studie empirisch mehrfach belegt sind, identifiziert werden. Zum anderen wird im Projekt der Frage nachgegangen, ob sich deutsche und Schweizer Mathematiklehrkräfte in ihrem professionellen Lehrerwissen und in ihrer Expertise unterscheiden.

### Zur theoretischen Konzeption von Unterrichtsqualität

Den Fragestellungen und Zielen liegt eine erweiterte theoretische Konzeption von Unterrichtsqualität zugrunde. Dabei werden unterschiedliche Ansätze mit jeweils unterschiedlichen Zielen, Perspektiven und Konstrukten aufgegriffen und zusammengeführt. Ausgangspunkt für die Entwicklung des theoretischen Rahmens war das traditionelle Prozess-Produkt-Pradigma, das um Wahrnehmungsprozesse auf Seiten der Schüler/innen ergänzt wird.

Eine wesentliche Ergänzung erfährt das Prozess-Produkt-Paradigma in unserer Studie durch die Berücksichtigung der fachdidaktischen Perspektive. Nur selten wurden in der bisherigen Unterrichtsforschung didaktische Aspekte des Unterrichts kontrollierend einbezogen, obwohl der Inhalt eine bedeutende Dimension für den Lernerfolg der Schüler/innen darstellt. Um entsprechende Forschungslücken zu schließen, nahmen wir in den videografierten Unterrichtsstunden zum einen eine quasiexperimentelle Kontrolle des curricularen Rahmens vor. Zum anderen werden die aufgezeichneten Unterrichtsstunden auch aus mathematikdidaktischer Perspektive analysiert. Hierbei stehen vor allem Aufgabenmerkmale und ihre Implementierung im Mittelpunkt der Untersuchung. Zum dritten erfassten wir mit den eingesetzten mathematischen Tests unterschiedliche mathematische Kompetenzen, wie Basiskompetenzen, Anwendungs- und Argumentationsfähigkeiten.

Eine weitere Anreicherung unseres theoretischen Rahmens ergibt sich durch die Forschung zum Experten- und Novizenparadigma. Dieser Untersuchungsansatz nimmt die kognitiven Voraussetzungen des Lehrers in den Blick und fragt u. a. nach dem Einfluss von Lehrerwissen und Lehrerüberzeugungen auf unterrichtliches Handeln. Insgesamt wird sowohl in theoretischen als auch in empirischen Arbeiten den Lehrerkognitionen eine Bedeutung für unterrichtliches Handeln und für Unterschiede im Instruktionsverhalten zugeschrieben. Für die vorliegende Studie wurde der Ansatz von Bromme (1997) aufgegriffen. Weitere Implikationen für das zugrundeliegende Rahmenmodell ergeben sich durch konstruktivistische Theorien des Wissensaufbaus, die auch die Rolle der umgebenden Kultur aufnehmen. Wissensaufbau wird dabei nicht als äußerer Prozess der Weitergabe von Informationen vom Lehrenden zum Lernenden betrachtet, nicht als Kopie der >Wirklichkeit<, sondern als eine Konstruktion von Menschen, die sozial vermittelt ist und sich insofern immer in einer spezifischen Umwelt mit ihren spezifischen kulturellen Bedingungen vollzieht.

Hierzu zählen zum einen physikalische, ökonomische und soziale Kontexte und zum zweiten kulturell verankerte Erziehungs- und Bildungsmaßnahmen mit ihren zu Grunde liegenden Vorstellungen über Entwicklung, Intelligenz, Lernen und Erfolg (vgl. Hesse, 2004). Insgesamt liegt dem Projekt damit ein erheblich erweitertes Angebots-Nutzungs-Modell zu Grunde.

## Projektphasen und Design der Studie

In der ersten Phase (Lehrerbefragung) wurde in Deutschland und der Schweiz eine repräsentative schriftliche Befragung von Mathematiklehrkräften durchgeführt, um zu untersuchen, ob sich die Lehrkräfte beider Länder in ihren Einstellungen und Überzeugungen unterscheiden.

In der zweiten Phase (Videostudie) wurde der Mathematikunterricht von 40 Lehrpersonen beider Länder über ein ganzes Schuljahr hinweg untersucht. Hierzu wurden in jeder der 40 Klassen fünf Unterrichtsstunden auf Video aufgezeichnet und analysiert.

In der dritten Phase (Lehrerfortbildung) schließlich wurde den Lehrpersonen dieser Video basierten Hauptstudie eine Lehrerfortbildung angeboten. Insgesamt nehmen 24 Lehrpersonen der Hauptstudie an dieser einjährigen Fortbildung teil.

## Ergebnisse der Lehrerbefragung (Phase 1)

Entgegen der Erwartungen zeigte sich, dass die Unterschiede in den unterrichtsbezogenen Einstellungen der Lehrkräfte nur schwach ausgeprägt waren und teilweise sogar erwartungswidrig ausfielen. Deutlicher waren jedoch die Unterschiede in der Beurteilung der Schulumwelt und in der Wahrnehmung eigener Handlungsressourcen: Schweizer Mathematiklehrkräfte schätzen ihre pädagogische Handlungskompetenz höher ein als die deutschen Lehrkräfte und beurteilen damit ihre Ressourcen zur Bewältigung schulischer Anforderungen positiver. Gleichzeitig nehmen sie ihre Schulumwelt, zumindest partiell, deutlich positiver wahr. So berichten die Schweizer Mathematiklehrkräfte von einem deutlich ausgeprägteren Interesse von Schülerinnen und Schülern sowie von Eltern.

Darüber hinaus zeigte sich, dass in Deutschland die Gymnasiallehrer/-innen am stärksten daran glauben, ihre Schüler/-innen fördern zu können; die Lehrkräfte an deutschen Hauptschulen hatten dagegen eine geringere Selbstwirksamkeitserwartung. In der Schweiz zeigte sich tendenziell ein umgekehrter Befund.

## Erste Ergebnisse der Videostudie (Phase 2)

Gegenwärtig werden die Videodaten des Projekts unter verschiedenen Fragestellungen ausgewertet. Zum einen wird untersucht, welche Bedeutung die allgemein didaktische und fachdidaktische Qualität des beobachteten Unterrichts für die Leistungsentwicklung der Lernenden hat. Ein zweiter Schwerpunkt liegt auf der Analyse der Motivationsunterstützung der Schüler/-innen durch die Lehrperson. Ein dritter

Schwerpunkt der Analyse widmet sich der Frage, wie sich gleiche Unterrichtsbedingungen auf unterschiedliche Gruppen unterschiedliche Gruppen von Schülern/-innen auswirken und welche Unterrichtsbedingungen für welche Teilbereiche mathematischer Kompetenzen von Bedeutung sind.

Schließlich wird der Frage nachgegangen, inwiefern sich der Mathematikunterricht in beiden Ländern tatsächlich überzufällig unterscheidet.

## Verlauf der Lehrerfortbildung (Phase 3)

Das Fortbildungsprojekt geht der Frage nach, welchen Beitrag eine Video gestützte und Internet basierte Lehrerfortbildung zur Professionalisierung von Mathematiklehrkräften und zur Qualitätsentwicklung im Mathematikunterricht leisten kann. An der Fortbildung nehmen 24 Mathematiklehrkräfte aus Deutschland und der Schweiz teil. Die Fortbildung erstreckt sich über das Schuljahr 2004/2005 und kombiniert in einem so genannten Blended-Learning-Design Präsenz- und Onlinephasen. Mit ersten Ergebnissen aus dem Projekt ist im Herbst 2005 zu rechnen.

## Bedeutung für die Praxis

Die Ergebnisse der Lehrerbefragung sind für die Erforschung der Unterrichtskultur in Deutschland von hoher Bedeutung. Der wesentliche Unterschied zur Schweiz scheint in den sozialen Ausgangsbedingungen des Unterrichts in der »unteren Schulform« zu liegen: Nicht nur die Schüler/-innen an deutschen Hauptschulen, sondern auch die Lehrkräfte dieser Schulen scheinen aus ihrer Sicht durch einen Mangel an sozialen Ressourcen behindert.

Aus der Befragung im Umfeld der Videostudie konnten interessante Ergebnisse zum Thema »Hausaufgaben« gewonnen werden. So zeigte sich, dass der Umgang mit Hausaufgaben, wie er von Schülern/-innen eingeschätzt wird, eine wichtige Bedeutung für den Leistungsfortschritt hat.

Die Daten der Videostudie werden zum einen die Frage beantworten können, ob sich Hinweise auf unterrichtliche Unterschiede zwischen beiden Ländern finden lassen. Zum anderen lässt sich anhand der Videodaten prüfen, welche Wirkungen Unterrichts- und Sozialformen sowie weitere Oberflächenmerkmale des Unterrichts im Vergleich zu Tiefenstrukturen des Mathematikunterrichts auf die Interessens- und Leistungsentwicklung haben und ob diese Unterrichtsmerkmale auf verschiedene Formen mathematischer Leistung (Beweisen, Anwenden, Basiswissen) unterschiedliche Wirkungen entfalten.

## Ausgewählte Veröffentlichungen:

Klieme, E. & Reusser, K. (2003). Unterrichtsqualität und mathematisches Verständnis im internationalen Vergleich – Ein Forschungsprojekt und erste Schritte zur Realisierung. In: *Unterrichtswissenschaft*, 31. Jg., Heft 3, S. 194-205.

Lipowsky, F. (2004a): Dauerbrenner Hausaufgaben – zusätzliche Lernchancen oder verschwendete Zeit? Aktuelle Befunde der empirischen Forschung und mögliche Konsequenzen für die Unterrichtspraxis. In: *Pädagogik* 56 (12), S. 40-44.

Lipowsky, F. (2004b): Was macht Fortbildungen für Lehrkräfte erfolgreich? In: *Die Deutsche Schule* (4), S. 462-480.

Lipowsky, F., Rakoczy, K., Klieme, E., Reusser, K. & Pauli, C. (2004): Hausaufgabenpraxis im Mathematikunterricht – eine Thema für die Unterrichtsqualitätsforschung? In: J. Doll & M. Prenzel (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule. Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung*. Münster: Waxmann, S. 250-266.

Lipowsky, F., Thußbas, C., Klieme, E., Reusser, K. & Pauli, C. (2003). Professionelles Lehrerwissen, selbstbezogene Kognitionen und wahrgenommene Schulumwelt – Ergebnisse einer kulturvergleichenden Studie deutscher und Schweizer Mathematiklehrkräfte. In: *Unterrichtswissenschaft*, Jg. 31, Heft 3, S. 206-237.

Lipowsky, F., Ratzka, N. & Krammer, K. (2004): Professionalisierung von Mathematiklehrkräften – Konzeption und Durchführung einer videogestützten und internetbasierten Lehrerfortbildung. In: *DIPF informiert*, H. 7, 2004, S. 6-9.



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](mailto: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/elmlzl.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 Aufgabelösens. 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 überprüften 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 basierendem 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*.



# Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht – Eine Videostudie

Ein Schwerpunktprogramm der DFG

## Forschungsziele

Internationale Vergleichsstudien wie TIMS und PISA zeigen, dass viele deutsche Schülerinnen und Schüler in den Naturwissenschaften – besonders auch in der Physik – erhebliche Kompetenzdefizite aufweisen. Viele scheitern bei kognitiv anspruchsvollen Problemstellungen und bei der Anwendung ihres Wissens, sie verlieren an Interesse und wenden sich im Verlauf der Schulzeit gänzlich von der Physik ab. Diese Befunde signalisieren Handlungsbedarf.

In der Diskussion um Kompetenzdefizite deutscher Schülerinnen und Schüler wird häufig auf Problemzonen im naturwissenschaftlichen Unterricht verwiesen. Zu Beginn der ersten Projektphase der Videostudie existierte jedoch keine systematische und zuverlässige Datenbasis über die vorherrschenden Merkmale, Schwerpunkte und Besonderheiten des Physikunterrichts in Deutschland (wie des naturwissenschaftlichen Unterrichts insgesamt).

Vor diesem Hintergrund zielt das DFG-Projekt »Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht – Eine Videostudie« auf differenzierte Beobachtungen und Beschreibungen des deutschen Physikunterrichts ab. Die explorativen Ergebnisse der ersten Projektphase (2000-2002) lieferten bereits wertvolle Hinweise auf gängige Unterrichtsmuster und deren mögliche Wirkungen auf Lernprozesse und längerfristige Bildungsverläufe. In der zweiten Projektphase (2002-2004) sollen diese Befunde durch die Untersuchung einer umfangreichen und zufällig gezogenen Stichprobe gestützt werden.

Das Projekt gliedert sich in drei Phasen. Die erste Phase diente der Vorbereitung einer breiter angelegten Untersuchung von Unterrichtsmustern im Rahmen eines Ländervergleichs zwischen der Schweiz und Deutschland. Ziel der zweiten Phase ist die systematische Beschreibung quantitativer und qualitativer Aspekte des deutschen Physikunterrichts und ein Vergleich mit den Merkmalen des Physikunterrichts in der Schweiz. Im Blickpunkt des letzten Untersuchungszeitraumes steht die Umsetzung der Erkenntnisse aus den beiden Projektphasen in zwei Interventionsstudien: LUV – Lernen aus Unterrichtsvideos, VINT – Videointervention.

## Projektleitung

Prof. Dr. Manfred Prenzel  
Prof. Dr. Tina Seidel  
Prof. Dr. Reinders Duit  
Dr. Manfred Lehrke

Leibniz Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN) an der Universität Kiel

## Mitarbeiter/-innen

Maja Brückmann  
Inger Marie Dalehefte  
Dr. Lore Hoffmann  
Mareike Kobarg  
Lena Meyer  
Christoph Müller  
Rolf Rimmele  
Katharina Schwindt  
Maïke Tesch  
Ari Widodo

## Kontakt

Prof. Dr. Tina Seidel  
Leibniz Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften  
Olshausenstr. 62  
24098 Kiel  
[seidel@ipn.uni-kiel.de](mailto:seidel@ipn.uni-kiel.de)  
Tel.: +49 (0) 431 880 3163  
Fax: +49 (0) 431 880 5211

## Internet

<http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/video/videostu.htm>

## Zentrale Annahmen und Fragestellungen

Hintergrund für die Fragestellungen des Projekts bilden sechs zentrale Annahmen, die in Abbildung 1 grafisch zusammengefasst sind.

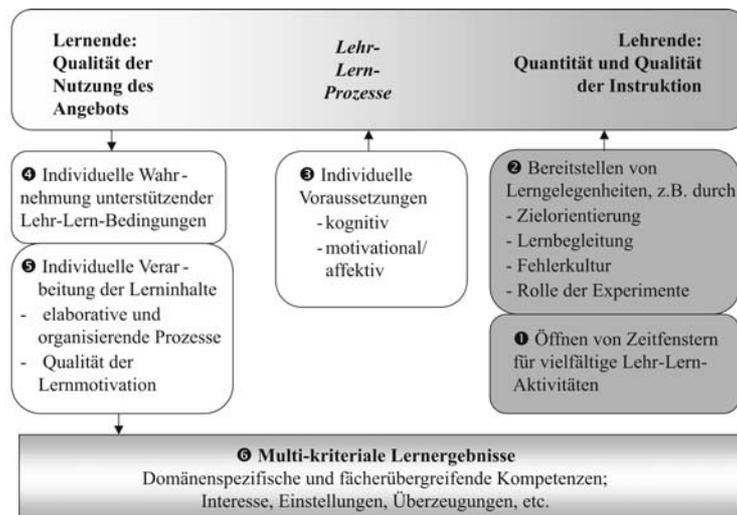


Abbildung 1: Zentrale Fragestellungsbereiche dargestellt in einem Modell für unterrichtlicher Lehr-Lern-Prozesse (Seidel & Prenzel, 2004)

Aktuelle Befunde der fachdidaktischen Unterrichtsforschung, der Lehr-Lern-Forschung, sowie der Lernmotivations- und Interessenforschung gehen in das Rahmenmodell ein und können wie folgt herausgestellt werden:

1. Auf den ersten Blick ist Unterricht gekennzeichnet durch die Bereitstellung von inhaltsbezogenen Lernzeiten und -aktivitäten. Die Lernzeit, die Schülerinnen und Schüler für die inhaltsbezogene Auseinandersetzung mit Inhalten zur Verfügung haben, hat sich in den verschiedensten Studien als eine zentrale Determinante für Unterrichtserfolg herausgestellt (»Time on task«).

2. Das Angebot durch Lehre bzw. Instruktionen im Unterricht ist aber neben der reinen Bereitstellung von »Zeitfenstern« für Lernaktivitäten vor allem durch die Qualität der Instruktion gekennzeichnet. Bisherige Forschungsarbeiten zur Qualität von naturwissenschaftlichem Unterricht stellen vier Bereiche als zentral heraus:

- (a) Orientierung des Unterrichts an den Lehr- und Lernzielen (Zielorientierung) und die sachlogische Struktur der Stunden,
- (b) die an den Lernprozessen der Schülerinnen und Schüler orientierte Begleitung und Unterstützung des Lernens (Lernbegleitung),
- (c) der konstruktive Umgang mit Schülervorstellungen und die Fehlerkultur im Unterricht, sowie
- (d) die Rolle und Funktion der Experimente im Unterrichtsverlauf.

3. Die individuellen Voraussetzungen (z. B. Vorwissen, Vorinteresse) der Schülerinnen und Schüler bestimmen in einem erheblichen Maße sowohl die weitere Entwicklung der Lernenden als auch die Art und Weise, wie Lernende die im Unterricht behandelten Inhalte für sich wahrnehmen und verarbeiten.

4. Lernen ist ein aktiver und konstruktiver Prozess der Lernenden selbst. Aus diesem Grund besteht eine zentrale Annahme darin, dass Lehrende das Lernen der Schülerinnen und Schüler nicht »anschalten« können bzw. Lernen nicht direkt bewirken können. Im Unterricht werden vielmehr Lerngelegenheiten geschaffen, die von den Schülerinnen und Schülern selbst interpretiert und für sich verarbeitet werden. Die Qualität der Nutzung des Angebots im Unterricht hängt deshalb entscheidend davon ab, wie die Lernenden selbst den Unterricht in seinen Qualitäten wahrnehmen.

5. Bisherige Forschungsarbeiten zeigen positive Zusammenhänge zwischen der individuellen Wahrnehmung unterstützender Lehr-Lern-Bedingungen und der Qualität der Verarbeitung von Lerninhalten. Dies betrifft vor allem das Zusammenspiel zwischen elaborativen/organisierenden Lernaktivitäten mit der Qualität der mit dem Lernen verbundenen Motivation.

6. Lernergebnisse sind nicht nur auf die Entwicklung kognitiver Kompetenzen beschränkt. Eine multikriteriale Auffassung von Lernen schließt kognitive, motivational-affektive sowie Fächer übergreifende Kompetenzen mit ein.

Vor dem Hintergrund dieser sechs zentralen Annahmen verfolgt das Projekt drei übergeordnete Ziele:

- (a) Die Identifikation typischer Muster unterrichtlicher Aktivitäten im Physikunterricht der Sekundarstufe I mittels systematischer Videoanalysen. Dabei finden vertiefende Analysen zu den vier ausgewählten Bereichen der Zielorientierung, der Lernbegleitung, der Fehlerkultur sowie der Rolle der Experimente statt.
- (b) Die systematische Untersuchung der Rolle unterrichtlicher Handlungsmuster in ihren Gelegenheitsstrukturen für die kognitive und motivational-affektive Entwicklung der Schülerinnen und Schüler.
- (c) Die Untersuchung weiterer Kontextfaktoren wie z.B. die Bedingungen an den Schulen oder die Unterstützungsstrukturen im Elternhaus auf der Basis von Befragungen der Lehrkräfte sowie der Schülerinnen und Schüler.

Des Weiteren deuten Befunde bisheriger Videostudien darauf hin, dass Vorstellungen über Unterricht und über typische Unterrichtsmuster sowohl innerhalb einer Lerngemeinschaft (wie einer Schulklasse) als auch innerhalb einer Kultur geteilt

werden. Die systematische Einbeziehung von Kontextfaktoren liefert u. U. erklärungsmächtige Aussagen darüber, wie Muster unterrichtlichen Handelns innerhalb der Lerngemeinschaften eines Landes stabilisiert und routinisiert werden. Zur Untersuchung der Rolle schulischer und außerschulischer Kontextfaktoren wird eine Vergleichsstudie mit der Deutschschweiz durchgeführt.

### Untersuchungsdesign

Diese Studie nutzt aufgrund ihres Designs die spezifischen Vorteile von Videoanalysen gegenüber verschiedenen anderen Methoden in der Lehr-Lern-Forschung. Die Beobachtung von Videoaufnahmen können mehrfach und so auch aus verschiedenen Perspektiven analysiert werden. Dies kommt besonders interdisziplinären Fragestellungen zu Gute. Herauszustellen sind außerdem die vielversprechenden Möglichkeiten zur Integration qualitativer und quantitativer Analysemethoden in einem gemeinsamen Untersuchungsdesign.



Abbildung 2: Untersuchungsdesign der DFG-Studie »Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht – Eine Videostudie«

In beiden Projektphasen der Videostudie wurde der Unterricht in der Sekundarstufe I untersucht. Im Verlauf des Schuljahres erfolgten jeweils Aufzeichnungen einer Einheit des Physikunterrichts. Daneben wurden bei den Schülerinnen und Schülern zu Beginn sowie direkt nach den Videoaufzeichnungen und am Ende des Schuljahres Begleiterhebungen durchgeführt. Nach Abschluss der Aufzeichnungen fand ein Interview und in der zweiten Phase auch eine Fragebogenerhebung mit den teilnehmenden Lehrkräften statt.

### Erhebungsinstrumente

Zur Analyse des Unterrichts wurden unterschiedliche Videoanalyseverfahren eingesetzt, die im Rahmen der IPN-Videostudie entwickelt worden sind. Auch die unterschiedlichen Befragungsinstrumente wurden für die Fragestellungen dieser Studie entwickelt oder modifiziert. Alle Erhebungs- und Auswertungsinstrumente sind im technischen Bericht zur Videostudie dokumentiert.

### Ausgewählte Ergebnisse

#### Entwicklung der Schülerinnen und Schüler

Bereits in der ersten, explorativ angelegten Phase der Videostudie ließen sich deutliche Unterschiede zwischen den 13 Schulklassen in der Leistungs- und Interessenentwicklung im Anfangsunterricht (Jahrgangsstufen 7/8) feststellen. Ein Blick auf die repräsentativ angelegte zweite Projektphase (Jahrgangsstufe 9) bestätigt dieses Bild. Die Befunde zeigen, dass das themenspezifische Wissen der Schülerinnen und Schüler in den meisten Klassen im Verlauf des Schuljahres zunimmt, gleichzeitig aber starke Streuungen zwischen den Klassen zu verzeichnen sind. Ein deutlich anderes Bild zeigt sich in den 50 Klassen bei der Betrachtung der Befunde zur Entwicklung des Sachinteresses im Verlauf des Schuljahres. In den meisten Klassen zeichnet sich hier eine negative Entwicklung ab. Zu betonen ist allerdings, dass es auch eine Reihe von Klassen gibt, bei denen sich das mittlere Interesse der Klassen über das Schuljahr hinweg positiv entwickelt. Zusammenfassend verdeutlichen die Befunde zu den Entwicklungen der Lernen-

den erhebliche Unterschiede zwischen den Schulklassen. Auf der Basis dieser Befunde soll im weiteren Verlauf des Projekts überprüft werden, welchen Beitrag die Qualität des Unterrichts für die Erklärung der Lernentwicklungen in den untersuchten Schulklassen liefert.

#### Muster der Unterrichtsorganisation

Die bisherigen Befunde aus der ersten Projektphase ließen auf zwei – auf der unmittelbar beobachtbaren Ebene – sehr unterschiedliche Muster der Unterrichtsorganisation schließen.

**Muster I – Demonstrationsunterricht:** Kennzeichnend für diesen Unterricht ist die Erarbeitung physikalischer Inhalte im Klassengespräch und die Veranschaulichung physikalischer Phänomene mittels Demonstrationsexperimenten. Schülerarbeitsphasen nehmen in dieser Unterrichtsform einen geringeren Stellenwert ein und dienen vorwiegend der Aufgabebearbeitung. Schülerexperimente kommen nur in einem eingeschränkten Maße vor.

**Muster II – Schülerexperimentalunterricht:** Das zweite Muster der Unterrichtsorganisation zeichnet sich durch einen erweiterten Einsatz unterrichtlicher Methoden aus. In diesen Klassen werden neben den traditionellen Verfahren vermehrt Schülerexperimente durchgeführt und die dabei behandelten Inhalte zuvor und danach im Klassengespräch vorbereitet und zusammengefasst.

Diese beiden Unterrichtsmuster ließen sich auch in der zweiten Projektphase an einer größeren und repräsentativen Stichprobe und in einer anderen Klassenstufe replizieren.

#### Unterrichtsmuster und Entwicklungen in den Schulklassen

Abschließend gehen wir auf bisherige Befunde zur Rolle des Unterrichts für die Entwicklungen in den Schulklassen ein.

#### *Unterrichtliche Aktivitäten*

In der ersten Projektphase konnten für die beiden identifizierten Muster der Unterrichtsorganisation keine relevanten Unterschiede im Hinblick auf die Kompetenz- und Interessenentwicklung der untersuchten Physikschulklassen identifiziert werden. Auch in einer Teilstichprobe der zweiten Projektphase zeigten sich bisher nur geringfügige Unterschiede. Zusammenfassend verweisen die Befunde aber bisher darauf, dass allein die auf der Ebene von »Sichtstrukturen« festgestellten Muster unterrichtlicher Aktivitäten die aktuellen Lernprozesse und die langfristigen Bildungsverläufe in den Klassen nicht vorhersagen können.

#### *Vertiefende Videoanalysen zu den vier Indikatorenbereichen für Unterrichtsqualität*

Indikatoren für Unterrichtsqualität, die Lernentwicklungen nachhaltig erklären können, sind vor dem Hintergrund der the-

oretischen Annahmen des Projekts vielmehr auf der Ebene der vertiefenden Videoanalysen angesiedelt. Die bisherigen Befunde aus den beiden Projektphasen werden im Folgenden zusammenfassend dargestellt:

(1) Zielorientierung → Die Befunde der ersten Phase zeigen positive Auswirkungen eines hoch zielorientierten Unterrichts auf die kognitive Entwicklung der Schülerinnen und Schüler. Aus den differenzierteren Analysen der zweiten Projektphase geht hervor, dass es nur einem geringen Anteil der Lehrkräfte in Deutschland gelingt, den Unterricht hoch Ziel orientiert zu gestalten.

(2) Prozessorientierte Lernbegleitung → Die Analysen zur prozessorientierten Lernbegleitung im Unterricht zeigen, dass eine offene Klassengesprächsführung und eine aktive und inhaltsbezogene Beteiligung der Schülerinnen und Schüler am Gespräch sich positiv auf die Interessenentwicklung derselben auswirkt.

(3) Fehlerkultur → Im Bereich der Videoanalysen wurde ein Instrument zur Erfassung der Vermischung von Lern- und Leistungssituationen entwickelt. Bisherige Befunde der zweiten Projektphase zeigen, dass eine vermehrte Vermischung von Lern- und Leistungssituationen sich negativ auf die wahrgenommenen motivationsunterstützenden Bedingungen sowie die individuelle Wahrnehmung der Fehlerkultur in der Klasse auswirkt.

(4) Rolle von Experimenten → Die vorliegenden Befunde verweisen darauf, dass während Experimentalphasen Lernprozesse unsystematisch unterstützt und selten Gelegenheiten zu selbständigem Experimentieren eröffnet werden. Trotz eines nennenswerten zeitlichen Anteils an Schülerexperimenten spielt das eigenständige Lernen und Handeln oft eine untergeordnete Rolle.

#### **Bedeutung für die Praxis**

Problembereiche des deutschen Physikunterrichts (und wohl des Unterrichts insgesamt) können nur behoben werden, wenn die Art und Weise wie bei uns gelehrt und gelernt wird, systematisch weiter entwickelt wird. Es gilt die gängige Vorstellung über »guten« Unterricht bei den Lehrkräften, aber auch bei den Schülern und Eltern zu ändern. Die Videostudie zum Physikunterricht soll dazu beitragen, diesen Reflexionsprozess einzuleiten und zu unterstützen. Einen besonderen Beitrag leisten hierzu die beiden Interventionsprojekte (LUV & VINT) deren Ziel es ist, die Erkenntnisse der IPN-Videostudie für die Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften nutzbar zu machen.

#### **Ausgewählte Veröffentlichungen:**

Prenzel, M., Seidel, T., Lehrke, M., Rimmele, R., Duit, R., Euler, M., Geiser, H., Hoffmann, L., Müller, C. & Widodo, A. (2002). Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht – eine Videostudie. In: *Zeitschrift für Pädagogik*, 45. Beiheft, S. 139-156.

Seidel, T., Rimmele, R. & Prenzel, M. (in press). Clarity and Coherence of Lesson Goals as a Scaffold for Student Learning. In: *Learning and Instruction*.

Seidel, T., & Prenzel, M. (2004). Muster unterrichtlicher Aktivitäten im Physikunterricht. In J. Doll & M. Prenzel (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung*. Münster: Waxmann, S. S. 177-194.

Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R. & Lehrke, M. (Hrsg.). (2003). *Technischer Bericht zur Videostudie »Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht«*. Kiel: IPN.

Seidel, T., Rimmele, R. & Prenzel, M. (2003). Gelegenheitsstrukturen beim Klassengespräch und ihre Bedeutung für die Lernmotivation – Videoanalysen in Kombination mit Schülerselebststeinschätzungen. In: *Unterrichtswissenschaft*, 31(2), S. 142-165.

Tesch, M. & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, S. 51-69.



# Mathematical Literacy bei Erwachsenen

## Eine Studie an Eltern von PISA-Schülerinnen und – Schülern

Ein Schwerpunktprogramm  
der  
**DFG**

### Projektleitung

Dr. Timo Ehmke

Leibniz-Institut für die Pädagogik  
der Naturwissenschaften (IPN)  
an der Universität Kiel

### Mitarbeiter/-innen

Dipl.-Psych. Thilo Siegle

### Kontakt

Dr. Timo Ehmke

Leibniz-Institut für die Pädagogik  
der Naturwissenschaften (IPN)  
an der Universität Kiel  
Olshausenstr. 62  
24098 Kiel

[ehmke@ipn.uni-kiel.de](mailto:ehmke@ipn.uni-kiel.de)

Tel.: +49 (0) 431 880-4090

Fax: +49 (0) 431 880-5524

Thilo Siegle

Leibniz-Institut für die Pädagogik  
der Naturwissenschaften (IPN)  
an der Universität Kiel  
Olshausenstr. 62  
24098 Kiel

[siegle@ipn.uni-kiel.de](mailto:siegle@ipn.uni-kiel.de)

Tel.: +49 (0) 431 880-4201

Fax: +49 (0) 431 880-5524

### Internet

<http://pisa.ipn.uni-kiel.de/eltern>

### Forschungsziele

In den Ergebnissen von PISA 2000 und PISA 2003 zeigt sich, dass Mathematikkompetenzen von Schülerinnen und Schülern in beträchtlichem Umfang variieren und gleichzeitig eng an die soziale Herkunft gekoppelt sind (OECD, 2001; Deutsches PISA-Konsortium, 2004). Forschungsergebnisse zur Entwicklung von mathematischer Kompetenz (Stern, 1998; Wynn, 1992) belegen, dass bereits Kinder im Alter von 3-4 Jahren große Varianz in ihrem mathematisch-numerischen Wissen aufweisen. Während der Schulzeit ist das Elternhaus dann bei der Förderung von fachlicher Kompetenz eine wichtige außerschulische Lernressource, etwa durch Unterstützung bei den Hausaufgaben (Hoover-Dempsey et al., 2001; Ryan & Adams, 1995).

Zwei bislang unbearbeitete Forschungsfragen in diesem Bereich sind, inwieweit mathematikbezogenes erzieherisches Handeln durch die mathematische Kompetenz der Eltern beeinflusst wird und inwieweit Mathematikkompetenz von Eltern in Zusammenhang mit der mathematikbezogenen Wertschätzung, Motivation und Leistung ihrer Kinder steht. In Deutschland existieren daneben kaum Untersuchungen über das Profil mathematischer Kompetenz von Erwachsenen.

Mit dieser Untersuchung werden somit drei Forschungsziele verfolgt:

1. Erfassung der mathematischen Kompetenz (Mathematical Literacy) einer Erwachsenenstichprobe.
2. Analyse von Zusammenhängen zwischen elterlicher Mathematikkompetenz und mathematikbezogenem Elternverhalten.
3. Analyse von Zusammenhängen zwischen elterlicher Mathematikkompetenz und mathematikbezogenen Merkmalen ihrer Kinder.

### Theoretischer und methodischer Ansatz

Als State-of-the-Art zur Erfassung von Mathematical Literacy gilt die PISA-Rahmenkonzeption (OECD, 2003). Für die Zusammenstellung des Testinstruments zur Erfassung von mathematischer Kompetenz Erwachsener dient dieses Konzept als Leitlinie. Analysiert wird, wie sich das Profil der mathematischen Kompetenz in der Erwachsenenstichprobe darstellt.

Wild (2001) unterscheidet auf der Basis der Selbstbestimmungstheorie von Deci & Ryan (1985) vier Dimensionen erzieherischen Handelns: emotionale Unterstützung, Stimulation, Autonomieunterstützung und Kontrolle. Für die Genese von mathematischer Kompetenz sind besonders die Aspekte Stimulation und Autonomieunterstützung relevant. Stimulation bezieht sich auf die Förderung des Kompetenzerlebens von Kindern und Jugendlichen. Autonomie unterstützendes Verhalten von Eltern zeichnet sich dadurch aus, dass diese ihre Kinder ermutigen, selbstständig Probleme zu lösen und Strategien im Umgang mit Anforderungen und Fehlern zu entwickeln.

In dieser Studie wird geprüft, inwieweit elterliche Mathematikkompetenz mit einer Autonomie unterstützenden und stimulierenden Gestaltung der häuslichen Lernumwelt zusammenhängt. Die Analysen erfolgen in den Bereichen Wertschätzung von Mathematik, Lernunterstützung und Lernorientierung in Mathematik sowie Leistungsdruck.

Weiter wird Mathematikkompetenz der Eltern auf Zusammenhänge mit Wertschätzung, Motivation und Kompetenz ihrer Kinder in Mathematik analysiert.

Die Studie ist an die deutsche Ergänzungsstudie zu PISA 2003 angekoppelt. Die Stichprobe besteht aus Eltern von Schülerinnen und Schülern, die an PISA teilgenommen haben. Es wurden die Eltern der PISA-Schülerinnen und Schüler aus 25 Schulen für die Untersuchung einbezogen. Die Bearbeitung des Testmaterials durch die Eltern erfolgte in den jeweiligen Schulen der PISA-Schülerinnen und Schüler im Rahmen von Gruppensitzungen. Die durchschnittliche Teilnahmequote beträgt 30 %. Insgesamt besteht die Erwachsenenstichprobe aus N = 323 Personen (Geschlecht: 50 % Mütter, 50 % Väter; Alter: MW = 46,5 Jahre; SD = 4,9 Jahre).

Als Testinstrument dient eine Auswahl der in PISA 2003 eingesetzten Items zur Erfassung mathematischer Kompetenz. Der Test liefert Rasch-skalierte Indikatoren und ermöglicht die Ableitung von Kompetenzstufen mathematischer Grundbildungsniveaus. Die Skalierung der Kompetenzwerte ist auf der internationalen PISA-Mathematikskala verankert. Die Kompetenzwerte der Eltern können so auf individueller Ebene mit den Kompetenzwerten ihrer Kinder in Beziehung gesetzt werden.

Durch die Verkoppelung mit der Studie PISA 2003 lagen für die Eltern zur Testzeit bereits Daten aus dem nationalen PISA-Elternfragebogen vor. Auf Schülerseite wurde bereits in PISA 2003 neben den Kompetenztests je ein nationaler und ein internationaler Fragenbogen eingesetzt, die unter anderem Variablen zur sozialen Herkunft erfragten.

## Erste Ergebnisse

Die Ergebnisse des Kompetenztests in Mathematik bei den Erwachsenen weisen einen positiven Zusammenhang mit den Kompetenzwerten ihrer Kinder auf. Bei den Eltern, die eine hohe mathematische Kompetenz erreichen, zeigen auch ihre Kinder tendenziell höhere Kompetenzwerte.

Im Bereich elterlichen erzieherischen Handelns zeigt sich ein positiver Zusammenhang von elterlicher Mathematikkompetenz mit der intrinsischen Wertschätzung von Mathematik und mit der Mathematik bezogenen Lern- und Autonomieunterstützung. Ein negativer Zusammenhang besteht zwischen der elterlichen Mathematikkompetenz und Mathematik bezogenem Leistungsdruck. Eltern mit hoher mathematischer Kompetenz üben weniger Leistungsdruck aus als Eltern mit eher geringer Kompetenz.

Betrachtet man Mathematik bezogene Einstellungen der Kinder in Beziehung zur elterlichen Mathematikkompetenz, zeigt sich ein weiterer positiver Zusammenhang: bei Eltern mit hoher mathematischer Kompetenz weisen ihre Kinder eine höhere Wertschätzung von Mathematik und ein höheres Interesse an Mathematik auf als Kinder von Eltern mit eher geringer mathematischer Kompetenz.

Eine ausgeprägte elterliche Mathematikkompetenz geht mit dem Wissen über die Bedeutung und Relevanz von Mathematik im gesellschaftlichen Leben einher und schlägt sich in der Ausgestaltung der häuslichen Lernumgebungen durch die Eltern (elterliche Lernunterstützung und Wertschätzung von Mathematik) nieder. Dies führt unter anderem dazu, dass deren Kinder ein Interesse und Verständnis für mathematische Zusammenhänge und Themen entwickeln und eine höhere mathematische Kompetenz erreichen. Insgesamt wird deutlich, dass auch die mathematische Kompetenz von Eltern zur Vorhersage für Mathematikinteresse und -leistung von Kindern beiträgt.

## Ausgewählte Veröffentlichungen:

Ehmke, T. (2003). *Mathematical Literacy bei Erwachsenen: Eine Studie an Eltern von PISA-Schülerinnen und -Schülern*. DFG-Antrag auf Sachbeihilfe. Kiel: Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN).

Ehmke, T. (2004, März). *Mathematische Kompetenz bei Erwachsenen*. Paper auf der 38. Jahrestagung der Gesellschaft der Didaktik der Mathematik (GDM) vom 28. Februar bis 04. März 2005 in Augsburg.

Ehmke, T. (in press). *Mathematische Kompetenz bei Erwachsenen*. Ein Überblick zum Stand der empirischen Forschung. In: *Beiträge zum Mathematikunterricht 2004*.

Ehmke, T., Hohensee, F., Heidemeier, H. & Prenzel, M. (2004). *Familiäre Lebensverhältnisse, Bildungsbeteiligung und Kompetenzerwerb*. In: Deutsches PISA-Konsortium (Hrsg.), *PISA 2003. Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland – Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs*. Münster: Waxmann, S. 225-253.



# PALMA – Projekt zur Analyse der Leistungsentwicklung in Mathematik:

## Entwicklungsverläufe, individuelle Voraussetzungen und Kontextbedingungen von Mathematikleistungen bei Schülern der Sekundarstufe I

Ein Schwerpunktprogramm der **DFG**

### Projektleitung

Prof. Dr. Reinhard Pekrun  
Department für Psychologie  
Universität München

Prof. Dr. Rudolf vom Hofe  
Didaktik der Mathematik  
Universität Regensburg

Prof. Dr. Werner Blum  
Didaktik der Mathematik  
Universität Kassel

### Mitarbeiter/-innen

Dipl.-Psych. Simone Jullien  
Wiss. Mitarb. Sebastian Wartha

Dr. Thomas Götz  
Dipl. Hdl. Alexander Jordan  
Dr. Michael Kleine  
Dr. Anne Zirngibl

### Kontakt

Dipl.-Psych. Simone Jullien  
Universität München  
Department für Psychologie  
Leopoldstr. 13  
80802 München  
[jullien@edupsy.uni-muenchen.de](mailto:jullien@edupsy.uni-muenchen.de)  
Tel.: +49 (0) 89 2180 5296  
Fax: +49 (0) 89 2180 5250

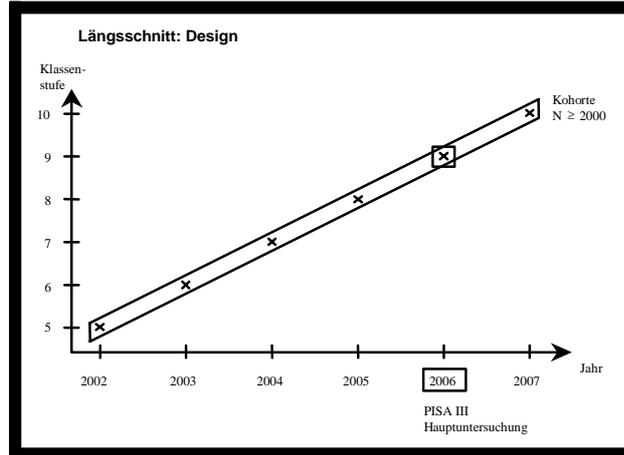
Wiss. Mitarb. Sebastian Wartha  
Universität Regensburg  
Didaktik der Mathematik  
Universitätsstr. 31  
93040 Regensburg  
[sebastian.wartha@mathematik.uni-regensburg.de](mailto:sebastian.wartha@mathematik.uni-regensburg.de)  
Tel.: +49 (0) 941 943 2786  
Fax: +49 (0) 941 943 3126

### Internet

[www.palma-projekt.de](http://www.palma-projekt.de)

### Forschungsziele

Vergleichsstudien zu mathematisch-naturwissenschaftlichen Schülerleistungen zeigen, dass diese Leistungen national und international erheblich variieren, wobei deutsche Schüler eher mäßig abschneiden. Es gilt daher, Gründe für Leistungsdefizite und Möglichkeiten zur Leistungssteigerung zu ermitteln.



Ziel der Längsschnittstudie PALMA ist es deshalb, Entwicklungsverläufe, Schülervoraussetzungen und Kontextbedingungen von Mathematikleistungen in der Sekundarstufe I (5. bis 10. Klassenstufe) zu analysieren, um querschnittliche Untersuchungen wie PISA um entwicklungs- und handlungsorientierte Analysen zu erweitern.

Untersucht werden:

- (1) Entwicklungsverläufe von mathematischen Schülerleistungen
- (2) Voraussetzungen dieser Leistungen und selbstreguliertes Lernen
- (3) Kontextbedingungen in Unterricht, Schulklasse und Elternhaus

Im Bereich der Entwicklungsverläufe liegt ein analytischer Schwerpunkt in der Ausbildung von mathematischen Grundvorstellungen, die Basis für modellierendes mathematisches Arbeiten sind.

### Ausbildung von Grundvorstellungen

Unsere Untersuchung basiert auf der Auffassung von mathematischer Grundbildung, wie sie auch durch das PISA-Konzept der »mathematical literacy« vertreten wird. Danach werden mathematische Fähigkeiten nicht über Formelanwendungen und technische Rechenverfahren beschrieben, sondern über die Rolle, die Mathematik als Werkzeug zur Modellierung und geistigen Gestaltung der Umwelt einnimmt.

Für die erforderlichen Übersetzungsprozesse zwischen Mathematik und Realität sind mathematische Grundvorstellungen von zentraler Bedeutung. Zur Messung der Ausprägung dieser Grundvorstellungen und der Mathematikleistung wurde ein raschskalierter Kompetenztest für die 5.-10. Klassenstufe entwickelt. Eine Beispielaufgabe daraus ist nebenstehend abgebildet.

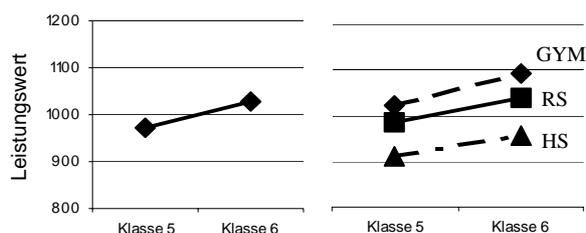
<p><b>Term:</b> 500 g : 50</p> <p><b>Rechengeschichte:</b> Andreas möchte Kakao zubereiten. Auf der Packung liest er: „Inhalt 500 g Kakaopulver. Reicht für 50 Tassen.“ Wie viel g Kakaopulver muss er für 1 Tasse nehmen?</p> <p><b>Rechnung:</b> 500 g : 50 = 10 g</p> <p><b>Ergebnis:</b> Für 1 Tasse muss Andreas 10 g Kakaopulver nehmen.</p>	<p>Erfinde selbst Rechengeschichten zu folgenden Termen:</p> <p>a) 1500 g : 100 g          Term: 1500 g : 100 g          Rechengeschichte: Erwin kauft eine Packung Chips mit 1500 g. Er will wissen, für wieviele Personen es reicht, wenn jeder 100 g bekommt.          Rechnung: 1500 g : 100 g = 15          Ergebnis: Er reicht für 15 Personen.</p>	<p>b) 4m · 8          Term: 4m · 8          Rechengeschichte: Herr Lamm möchte seinen Garten umzäunen. Er kauft 8 Zaunlatten zu vier Metern. Wie viel Meter sind es insgesamt?          Rechnung: 4m · 8 = 32 m          Ergebnis: Es sind insgesamt 32 m.</p>
--	---	--

## Erste längsschnittliche Ergebnisse

Bisher liegen Daten zu zwei Messzeitpunkten vor (5. und 6. Klasse; Schüler/innen: N5=2070, N6=2059; Eltern: N5=1977, N6=1883; Lehrkräfte: N5=83, N6=76). Im Folgenden werden erste Ergebnisse zusammengefasst:

### a) Entwicklungsverläufe mathematischer Schülerleistungen

In der folgenden Abbildung kann man links die Entwicklung der mathematischen Kompetenzen bzw. Grundvorstellungen von der 5. zur 6. Jahrgangsstufe erkennen. Die Zunahme um etwa 50 Punkte zeigt einen bedeutsamen Lernfortschritt zwischen den untersuchten Jahrgangsstufen (gemittelt über beide Messzeitpunkte, normiert auf M=1000 Punkte, SD=100 Punkte).



Unterscheidet man die verschiedenen Schularten, so ergibt sich ein differenziertes Bild (Abbildung oben, rechter Teil): Einerseits erkennt man eine Reihung der Fähigkeiten nach Gymnasium, Realschule und Hauptschule, wie man es entsprechend der Ausrichtung dieser Schulformen erwarten würde. Andererseits erkennt man Unterschiede in der Fähigkeitszunahme zwischen den Schulformen, wobei am Gymnasium die Zunahme mit ca. zwei Drittel einer Standardabweichung deutlich höher ausgeprägt ist als an Realschule und Hauptschule.

### b) Schüleremotionen, Lernen und Leistungen in Mathematik

In der 6. Klasse ist gegenüber der 5. Klasse eine erhebliche individuelle Entwicklungsdynamik bei den Emotionen in Form einer Abnahme positiver und Zunahme negativer Emotionen in Mathematik zu verzeichnen. Während die Freude in Mathematik stark abfällt, nehmen Ärger und Langeweile signifikant zu. Mit dieser Entwicklung kongruent sinken u.a. auch die Werte für Selbstwirksamkeit und Wertschätzung des Faches, sowie die selbstberichtete Anstrengung. Auffällig ist ferner, dass die Durchschnittswerte für perzipierte Selbstregulation des Lernens in Mathematik ebenfalls sinken, während die perzipierte Fremdregulation ansteigt. Da selbstregulatorische Kompetenzen im Jugendalter eher zunehmen dürften, könnten mögliche Gründe in der Unterrichtsgestaltung und nicht hinreichender Autonomieunterstützung durch Bezugspersonen liegen.

### c) Kontextvariablen und Mathematik

Diese Vermutung wird von den Befunden zur Entwicklung von Unterricht und Eltern-Kind-Beziehungen in Mathematik gestützt. Während sich die schülerperzipierte Nutzung von Lehr-Lern-Zeiten und die Höhe der wahrgenommenen Leistungserwartungen von Lehrern und Eltern nicht wesentlich ändert, sind die Werte für eine modellierenden Unterricht und für Verständlichkeit, Abwechslung und Autonomieunterstützung im Mathematikunterricht in der 6. Klassenstufe geringer als in der 5. Klasse. Ein Schulartvergleich zeigt, dass die Werte für modellierend-problemlöseorientierten und autonomieunterstützenden Unterricht in Hauptschule und Realschule deutlich abnehmen, während sie im Gymnasium im wesentlichen stabil bleiben. In ähnlicher Weise sinken die Werte für selbstreguliertes Lernen in Hauptschule und Realschule, zeigen hingegen in Gymnasien keine wesentliche Verschlechterung.

### d) Längsschnittliche Bedingungsgefüge

Erste längsschnittliche Pfadanalysen weisen darauf hin, dass Umweltfaktoren wie Unterricht und Elternhaus Lern- und Leistungsempfinden kausal beeinflussen und diese wiederum wichtige Schaltstellen bei der Modellierung von Leistung sind.

## Bedeutung für die Praxis

Durch die Identifizierung und Untersuchung erfolgreicher und problematischer Leistungsverläufe und ihrer Bedingungen lassen sich wertvolle Hinweise ableiten, die die Qualität von Unterricht und Bildung auf verschiedenen Ebenen positiv beeinflussen können:

- (6) **Lehrplan und Curriculumentwicklung:** Bezüglich der Anordnung und Vernetzung mathematischer Inhalte werden Handlungsperspektiven für eine besserer curriculare Strukturierung erwartet.
- (7) **Lehrerbildung und Lehrerfortbildung:** Analysen und Ergebnisse aus den Untersuchungen werden zu Materialien für die Lehreraus- und -fortbildung weiterentwickelt.
- (8) **Unterrichtsmaterial:** Auf der Basis der Ergebnisse von PALMA werden Materialien für Schüler und Lehrkräfte entwickelt, die zu zentralen Inhalten Vorschläge für Lehr-Lern-Sequenzen anbieten.
- (9) **Analyseinstrumente:** Nach Abschluss der Untersuchungen sollen auf der Basis der PALMA-Testinstrumente diagnostische Leistungstests für den Unterricht entwickelt werden.

## Ausgewählte Veröffentlichungen:

- Hofe, R. vom & Kleine, M. (2002). Grundvorstellungen als mentale Basis mathematischer Bildung. *Unterrichten/ Erziehen*, 3, S. 123-127.
- Hofe, R. vom, Pekrun, R., Kleine, M. & Götz, T. (2002). Projekt zur Analyse der Leistungsentwicklung in Mathematik Konstruktion des Regensburger Mathematikleistungstests für 5.-10. Klassen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 45, S. 83-100.
- Pekrun, R. (2002). Vergleichende Evaluationsstudien zu Schülerleistungen: Konsequenzen für die Bildungsforschung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 48, S. 111-128.
- Pekrun, R., Götz, T., Titz, W & Perry, R.P. (2002). Positive emotions in education. In E. Frydenberg (Ed.), *Beyond coping: Meeting goals, visions, and challenges* (pp. 149-174). Oxford, UK: Elsevier.



## Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule

Ein Schwerpunktprogramm  
der  
**DFG**

### Projektleitung

Prof. Dr. Beate Sodian  
Department für Psychologie  
Universität München

Prof. Dr. Ernst Kircher  
Didaktik der Physik  
Universität Würzburg

### Mitarbeiter/-innen

Dipl. Psych. Claudia Thörmer  
Department für Psychologie  
Universität München

Lehrerin Angela Jonen  
N.N.  
Didaktik der Physik  
Universität Würzburg

### Kontakt

Prof. Dr. Ernst Kircher  
Didaktik der Physik  
Universität Würzburg  
Am Hubland  
97074 Würzburg

[kircher@physik.uni-wuerzburg.de](mailto:kircher@physik.uni-wuerzburg.de)  
Tel.: +49 (0) 931 888 5785

Prof. Dr. Beate Sodian  
Universität München  
Department für Psychologie  
Leopoldstr. 13  
80802 München

[sodian@edupsy.uni-muenchen.de](mailto:sodian@edupsy.uni-muenchen.de)  
Tel.: +49 (0) 89 2180 5155  
Fax: +49 (0) 89 2180 5355

### Internet

<http://132.187.158.1>

### Forschungsziele

In den vergangenen zwanzig Jahren hat die Thematik *Learning about the Nature of Science* vor allem in den USA und in England eine beträchtliche Rolle sowohl in der Naturwissenschaftsdidaktik gespielt als auch – unter dem Einfluss der Forschung zu Prozessen des begrifflichen Wandels (*conceptual change*) –, in der Pädagogischen Psychologie. Seither wird der Vermittlung eines adäquaten Wissenschaftsverständnisses ein hoher Stellenwert bei der erfolgreichen Vermittlung naturwissenschaftlichen Wissens zugeschrieben (Carey & Smith, 1993; Baumert et al., 2000).

In dem Projekt wird untersucht:

- (1) das im voraus vorliegende Wissenschaftsverständnis von GrundschülerInnen,
- (2) das im voraus vorliegende Wissenschaftsverständnis von GrundschullehrerInnen,
- (3) die Änderung der im allgemeinen inadäquaten Vorstellungen von GrundschülerInnen über die Natur der Naturwissenschaften durch relativ *kurzfristige curriculare Interventionen* im Unterricht
- (4) die Änderung inadäquater Vorstellungen von GrundschullehrerInnen über die Natur der Naturwissenschaften durch *Lehrerfortbildung*.
- (5) ob Grundschüler durch adäquateres Wissenschaftsverständnis *andere naturwissenschaftliche Bereiche erfolgreicher lernen* als Grundschüler, die über dieses metakonzeptionelle Wissen nicht verfügen.
- (6) ob GrundschullehrerInnen das in einer Lehrerfortbildung erworbene adäquateres Wissenschaftsverständnis in einen NOS-adäquateren Unterricht transferieren können.

### Theoretischer und methodischer Ansatz

Die neuere entwicklungspsychologische Literatur zeigt, dass in unterstützenden Aufgaben-Kontexten bereits ältere Grundschüler zwischen Hypothese und Evidenz differenzieren und ein Grundverständnis der Logik der Hypothesenprüfung zeigen. Darüber hinaus zeigten Samarapungavan (1992) und Leach (1999) schon bei Grundschulern rudimentäre Fähigkeiten zur evidenzbezogenen Evaluation von Theorien und zur Einschätzung des Erklärungswertes konkurrierender Theorien. Insbesondere zeigt die Studie von Leach (1999), dass ältere Grundschüler und Sekundarschüler zumindest ansatzweise zur Koordination von Theorie und Evidenz in einem anspruchsvollen Phänomenbereich aus der Physik (elektrischer Strom) fähig sind.

Durch halbstrukturierte Einzelinterviews über *Nature of Science* (nach Carey et al., 1989) wurden in zwei Studien der 1. und 2. Projektphase bei den GrundschülerInnen im Prä-Post-Testdesign die Änderungen ihres Wissenschaftsverständnisses durch kurzfristige curriculare Interventionen evaluiert. An den Prä-Post-Tests nahmen jeweils neben der Trainingsgruppe auch eine gleichaltrige Kontrollgruppe (SchülerInnen der 4. Jahrgangsstufe) teil mit vergleichbaren IQ-Werten in beiden Gruppen.

Die auf Tonband aufgezeichneten Interviews werden zunächst transkribiert und anschließend die Antworten der Schüler von zwei unabhängigen Kodierern verschiedenen Niveaus (*levels*) von Wissenschaftsverständnis zugeordnet. An das *Nature-of-Science*-Interview schließt eine Experimentieraufgabe an (Flugzeugaufgabe nach Bullock & Ziegler, 1999). Sie testet die Fähigkeit der Schüler, ein kontrolliertes Experiment zu planen bzw. vorgegebene Evidenzen richtig zu interpretieren. Das Kodierschema wurde weitgehend von Carey et al. (1989) übernommen.

Der Interviewleitfaden und die Experimentieraufgabe wurden auch für die Erfassung des Wissenschaftsverständnisses der GrundschullehrerInnen eingesetzt. In der Lehrerstudie 2 und 3 wurden ergänzend *concept maps* hinzugezogen.

## Hauptergebnisse

### 1. Die Vorstellungen von GrundschülerInnen und GrundschullehrerInnen über die Natur der Naturwissenschaften

Die hier erstmals an 9 bis 10jährigen Kindern durchgeführten Untersuchungen mit dem *Nature-of-Science*-Interview von Carey et al. (1989) brachten nach unseren Schülerstudien 1 und 2 keine entwicklungspsychologisch bedingten, strukturell andersartigen Ergebnisse als die an 12 bis 13jährigen SchülerInnen durchgeführten Untersuchungen (Carey et al., 1989; Sodian & Schrempf, 1999). Beispielsweise wird auch in unseren Untersuchungen »Wissenschaft« vor allem als »Fakten sammeln« aufgefasst.

Bei den GrundschullehrerInnen differierten im Gegensatz zu den SchülerInnen die Antworten beträchtlich zwischen einem naiven und einem elaborierten Wissenschaftsverständnis. Jüngere Lehrkräfte profitierten stärker von den Fortbildungsmaßnahmen als ältere.

### 2. Lassen sich Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften durch Unterricht ändern?

Smith (2001) konnte zeigen, dass (nach 6jährigem Unterricht bei einer amerikanischen Lehrerin mit adäquatem Wissenschaftsverständnis und mit pädagogisch und psychologisch sinnvollen Auffassungen über das Lernen) auch junge SchülerInnen ein in die Tiefe gehendes Verständnis der Natur der Naturwissenschaften erreichen.

Im Projekt »Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule« wurde gezeigt, dass sich auch durch eine *kurzfristige curriculare Intervention* (Schülerstudie 1 und 2) bei den meisten SchülerInnen einige Aspekte ihres (inadäquaten) Wissenschaftsverständnisses änderten. In der Flugzeugaufgabe (nach Bullock & Ziegler, 1999) zeigten sich außerdem deutliche Fortschritte in der Logik des Testens.

Die Änderung des Wissenschaftsverständnisses von GrundschullehrerInnen wurde in der 2. Projektphase durch spezielle Lehrerfortbildungsmaßnahmen untersucht, nämlich durch die Entwicklung von weiteren Curriculummateriale mit *Nature-of-Science*-Inhalten durch die beteiligten GrundschullehrerInnen.

### 3. Die Natur der Naturwissenschaften und das Lernen der Naturwissenschaften

In der 2. Projektphase wurde die zentrale Hypothese des Projekts untersucht, ob adäquate epistemologische Überzeugungen zu besseren Ergebnissen in den naturwissenschaftlichen Fächern führen. GrundschülerInnen wurden zunächst durch eine wissenschaftstheoretische Unterrichtseinheit trainiert. Nach unserer Hypothese werden diese Kinder ein besseres Verständnis der Themen aus dem physikalischen Sachunterricht (»Warum Schiffe schwimmen?«, »Elektrischer Stromkreis«) erwerben als die Kinder der wissenschaftstheoretisch nicht trainierten Kontrollgruppe. Bisher konnte diese Hypothese nicht eindeutig geklärt werden. Sie wird nach unterrichtsmethodischen Änderungen in der 3. Projektphase weiter getestet.

## Bedeutung für die Praxis

- (1) **Die curriculare Bedeutung:** Die Natur der Naturwissenschaften wird eine Leitlinie des naturwissenschaftlichen Unterrichts, beginnend in der Primarstufe und endend in der Sekundarstufe (Spiralcurriculum).
- (2) **Für die Primarstufe** wurden Unterrichtseinheiten und Unterrichtsmaterialien zur Thematik entwickelt und in Buchform publiziert (Grygier et al., 2004).
- (3) **Die Bedeutung für die Lehrerbildung:** Bisher werden Aspekte von Wissenschaftsverständnis in der Aus- und Fortbildung der Naturwissenschaftslehrer kaum berücksichtigt. Projektphase 2 wird hier auch Anhaltspunkte für die Lehrerbildung liefern. Projektphase 3 gibt Aufschluss darüber, ob und wie *Nature-of-Science*-Inhalte in den Unterricht einfließen (nach vorgängiger Fortbildung der Lehrkräfte).
- (4) **Bedeutung für das Image der Naturwissenschaften und des naturwissenschaftlichen Unterrichts:** Vorausgesetzt, die Ergebnisse entsprechen den Erwartungen, werden die oben angesprochenen Maßnahmen längerfristig nicht nur das Bild der Naturwissenschaften, sondern auch das Bild des naturwissenschaftlichen Unterrichts ändern. Die damit zusammenhängenden Untersuchungen (und die zu vielen weiteren schulpraktischen Aspekten) sind allerdings nicht Fokus dieses Projekts.

## Ausgewählte Veröffentlichungen:

- Sodian, B., Thörmer, C., Kircher, E., Günther, J. & Grygier, P. (2002). Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule. In: M. Prenzel & J. Doll (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen*. Weinheim, Basel: Beltz, S. 192-206. (=Zeitschrift für Pädagogik, 45. Beiheft).
- Grygier, P., Günther, J. & Kircher, E. (Hrsg.) (2004). *Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule – Unterrichtsbeispiele für die 3. und 4. Jahrgangsstufe*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Günther, J., Grygier, P., Kircher, E. & Sodian, B., Thörmer, C. (2004). Studien zum Wissenschaftsverständnis von Grundschullehrkräften. In: J. Doll & M. Prenzel (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule. Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung*. Münster: Waxmann.
- Kircher, E., Grygier, P. & Günther, J. (2004). »Über« Naturwissenschaften lernen – aber wie? Grundschulkindern entwickeln Wissenschaftsverständnis. In: *Das Lehrerhandbuch, 29. Ergänzungslieferung*. Berlin: Raabe Verlag.



Ein Schwerpunktprogramm  
der  
**DFG**

### Projektleitung

Prof. Dr. Jürgen Baumert  
FB für Erziehungswissenschaften  
und Bildungssysteme  
Max-Planck-Institut für  
Bildungsforschung Berlin

Prof. Dr. Werner Blum  
Didaktik der Mathematik  
Universität Kassel

Prof. Dr. Michael Neubrand  
Didaktik der Mathematik  
Universität Oldenburg

### Mitarbeiterinnen

Dr. Stefan Krauss, MPI Berlin  
Dr. Mareike Kunter, MPI Berlin  
Dipl.-Psych. Martin Brunner, MPI  
Berlin  
Yi-Miau Tsai, M.S. in  
Psychology, MPI Berlin  
Dipl.-Psych. Uta Klusmann, MPI  
Berlin  
Dipl.-Päd. Katrin Löwen, MPI  
Berlin  
Dipl.-HdL Alexander Jordan,  
Universität Kassel

### Kontakt

Dr. Stefan Krauss  
Max-Planck-Institut für  
Bildungsforschung  
FB Erziehungswissenschaften und  
Bildungssysteme  
Lentzeallee 94  
14195 Berlin  
[krauss@mpib-berlin.mpg.de](mailto:krauss@mpib-berlin.mpg.de)  
Tel: +49 (0)30 82406210  
Fax: +49 (0)30 82406466

### Internet

<http://www.mpib-berlin.mpg.de/coactiv/index.htm>

# COACTIV: Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung mathematischer Kompetenz

## Forschungsziele

Ziel des COACTIV-Projekts ist die Erfassung relevanter Aspekte der professionellen Handlungskompetenz von Mathematiklehrkräften. Solche Aspekte sind beispielsweise das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen einer Lehrkraft, aber auch deren Überzeugungen, Motivationen sowie selbstregulative Fähigkeiten (siehe dazu auch Abbildung 1).

Wir untersuchen sowohl die Zusammenhänge zwischen den Aspekten der professionellen Handlungskompetenz als auch die Art, wie sich diese Aspekte in der Gestaltung des Mathematikunterrichts niederschlagen und welchen Einfluss sie auf das Mathematiklernen ihrer Schülerinnen und Schüler haben.

## Zentrale Annahmen und Fragestellungen

Lehrkräfte sind die zentralen Akteure bei der Gestaltung des Unterrichts. Sie steuern, welche Ziele im Unterricht verfolgt werden, wie der Unterricht organisatorisch und inhaltlich angelegt ist, und auf welche Weise Schülerinnen und Schüler in ihren Lernprozessen unterstützt werden. Welche Voraussetzungen benötigen Lehrkräfte, um qualitätvollen Unterricht zu gestalten? Obwohl die Bedeutung verschiedener Kompetenzen von Lehrkräften für gelingenden Unterricht in theoretischen Arbeiten vielfach betont wird, liegen bisher nur wenige empirische Befunde dazu vor.

Im COACTIV-Projekt betrachten wir die Handlungskompetenz von Lehrkräften als eine wichtige Bedingung für Unterrichtsqualität. Der besondere Fokus liegt dabei auf dem Fachwissen und dem fachdidaktischem Wissen von Mathematiklehrkräften. Abbildung 1 zeigt die Spezifizierung der Handlungskompetenz von Lehrkräften. Dieses Modell ist eine der zentralen Annahmen des COACTIV-Projekts.

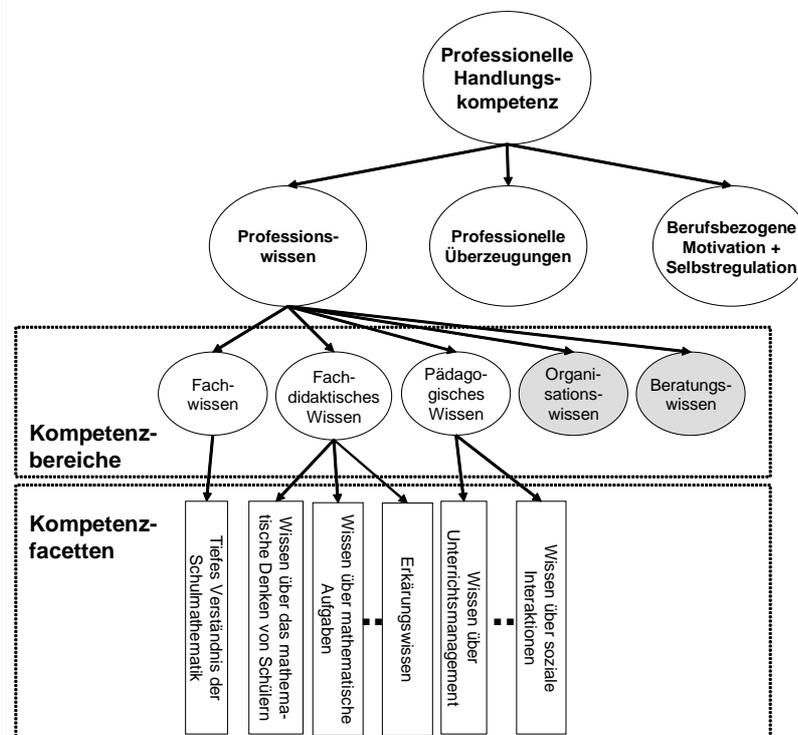


Abbildung 1: Professionelle Handlungskompetenz von Mathematiklehrkräften

Die zentralen Fragestellungen bezüglich der professionellen Handlungskompetenz sind:

- 1) Welche Aspekte der Lehrerkompetenz lassen sich empirisch identifizieren und welche Beziehungen weisen die theoretischen Konstrukte untereinander auf?
- 2) Wie beeinflusst die Handlungskompetenz einer Lehrkraft, und speziell deren Professionswissen, tatsächlich das unterrichtliche Handeln?
- 3) Können die Facetten des Professionswissens und das Unterrichtshandeln unterschiedliche Zuwächse in den mathematischen Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern bewirken?

Die theoretische Annahme ist, dass vor allem das fachdidaktische Wissen das unterrichtliche Handeln reguliert: Die Kompetenzfacette „Wissen über mathematische Aufgaben“ z. B. wird benötigt zur Auswahl von kognitiv aktivierenden Aufgaben. Eine hohe Kompetenz ermöglicht der Lehrkraft, auch für Schüler verschiedener Leistungsfähigkeiten angemessene Aufgaben zu wählen und so für jeden Schüler eine herausfordernde, aber nicht überfordernde Lernumgebung zu schaffen. Kognitive Aktivierung kann aber auch durch ein herausforderndes Unterrichtsgespräch erreicht werden. Die Annahme ist, dass ein Unterrichtsgespräch vor allem durch die fachdidaktischen Kompetenzfacetten „Wissen über mathematisches Denken von Schülern“ und „Erklärungswissen“ gesteuert wird.

Kognitive Aktivierung ist notwendig für verständnisvolles Lernen (siehe Abbildung 2), wichtig sind aber auch das Gefühl der persönlichen Unterstützung durch die Lehrkraft und das Erleben kognitiver Autonomie. Abbildung 2 illustriert den Zusammenhang zwischen Lehrerkompetenz, Mathematikunterricht und dem Lernen der Schüler.

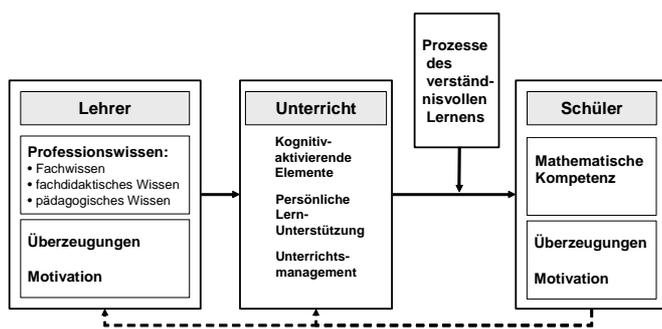


Abbildung 2: Lehrerkompetenz, Unterricht und Lernen der Schüler: Die drei Eckpfeiler des COACTIV-Projekts

### Methodischer Zugang

Das COACTIV-Projekt ist konzeptuell und technisch in die Längsschnittkomponente von PISA 2003/2004 eingebunden. In COACTIV wurden diejenigen Lehrkräfte untersucht, die die für PISA gezogenen Klassen in Mathematik unterrichteten. Sowohl die Schüler als auch deren Lehrkräfte wurden zweimal befragt, einmal am Ende der 9. Klasse und am Ende der 10. Klasse. Die Stich-

probe umfasst 352 Lehrkräfte mit ihren Klassen zum ersten Messzeitpunkt, und 223 Lehrkräfte mit ihren Klassen zum zweiten Messzeitpunkt (Hauptschulklassen und deren Lehrkräfte nahmen nur beim ersten Messzeitpunkt als 9. Klassen teil). 180 der Lehrkräfte haben an beiden Messzeitpunkten der Studie teilgenommen und die PISA-Klasse im ganzen Zeitraum zwischen den beiden Messzeitpunkten unterrichtet.

Unser Untersuchungsinstrumentarium besteht zum einen aus standardisierten schriftlichen Fragebögen. Sowohl die Schülerinnen und Schüler als auch die Lehrkräfte wurden darin zu diversen Aspekten ihres Mathematikunterrichts befragt. Dabei greifen wir teilweise auf Items und Skalen zurück, die sich bereits in der Unterrichtsforschung bewährt haben. Zur Erfassung des Professionswissens der Lehrkräfte wurden darüber hinaus neue, auch computergestützte Instrumente entwickelt. Neuentwicklungen stellen dabei vor allem die Instrumente zur Erfassung des Fachwissens und des fachdidaktischen Wissens von Mathematiklehrkräften dar. Der COACTIV-Fachwissenstest besteht aus 13 Items, die das vertiefte Hintergrundwissen der Lehrkräfte über den Schulstoff testen. Der COACTIV-Fachdidaktiktest besteht aus 24 Items, wovon 8 das „Wissen über mathematisches Denken von Schülern“, 4 das „Wissen über mathematische Aufgaben“ und 12 das „Erklärungswissen“ der Lehrkräfte testen. Tabelle 1 gibt Beispielitems für die beiden COACTIV-Wissenstests:

COACTIV-Fachwissenstest	COACTIV-Fachdidaktiktest
<p><i>Beispielitem:</i></p> <p>Ist <math>2^{1024} - 1</math> eine Primzahl? Bitte begründen Sie!</p>	<p><i>Beispielitem:</i></p> <p>Nur wenn man die Art eines Fehlers erkennt, kann man dagegen vorgehen. Ein Schüler rechnet mit Hilfe des Taschenrechners:</p> $\sqrt[2]{9^4} = 3$ $\sqrt[3]{4^6} = 2$ <p>Welches Ergebnis wird der Schüler wahrscheinlich bei der folgenden Aufgabe herausbekommen?</p> $\sqrt[5]{8^{10}} = \underline{\hspace{2cm}}?$
<p><i>Lösung:</i></p> <p>Nein, denn es gilt: <math>a^2 - b^2 = (a - b)(a + b)</math>. Demnach lässt sich <math>2^{1024} - 1</math> zerlegen in <math>(2^{512} - 1)(2^{512} + 1)</math></p>	<p><i>Lösung:</i></p> <p>Der Schüler glaubt, die Formel zur Berechnung von <math>\sqrt[n]{a^n}</math> lautet <math>\frac{n}{\sqrt[n]{a}}</math> (dabei wäre <math>a^{\frac{n}{m}}</math> richtig). Deshalb wird er bei der dritten Aufgabe voraussichtlich rechnen:</p> $\sqrt[5]{8^{10}} = \sqrt[5]{8^2} = \sqrt[5]{8} = \sqrt[2]{8} = \sqrt{8} = 2\sqrt{2} = 2,828$

Tabelle 1: Beispielitems mit Lösungen zum COACTIV-Fachwissenstest und Fachdidaktiktest.

Als weiteres Untersuchungsmaterial dienen Klassenarbeiten, Hausaufgaben und Einstiegsaufgaben zu ausgetesteten Themen, die uns die Lehrkräfte zur Verfügung gestellt haben. Diese eingesammelten Aufgaben wurden von externen Beurteilern anhand eines Klassifikationschemas zur Erfassung diverser didaktischer Merkmale kodiert (z. B. Modellierungs- und Argumentationsanforderungen).

### **Erste Ergebnisse**

Da COACTIV mit den meisten Instrumenten der Lehrerbefragung methodisches Neuland betritt, ist die Testentwicklung und -güteüberprüfung ein zentrales Anliegen der Studie. Die Auswertungen des ersten Erhebungszeitpunktes führten zu einer Reihe an Ergänzungen im Instrumentarium, die im zweiten Erhebungsschritt eingesetzt wurden. Es ist nun gelungen, ein Messinstrument zur Erfassung des Professionswissens von Mathematiklehrkräften zu entwickeln, das die von uns theoretisch postulierten Facetten mit einer ausreichenden Anzahl von Indikatoren reliabel abbildet. Weiterhin wurden die von den Lehrkräften eingesetzten Aufgaben mittels eines eigens entwickelten Klassifikationsschemas kodiert, sowie die Schülerdaten zum Unterricht konstruktvalidiert.

Hinweise auf die Validität unserer Instrumente ergeben sich unter anderem durch deskriptive Ergebnisse, die deutliche Schulformunterschiede in allen Bereichen – sowohl der Lehrerkompetenz als auch der Unterrichtsgestaltung – nachweisen. So lässt sich bei Lehrkräften an Gymnasien mehr Fachwissen sowie fachdidaktisches Wissen beobachten als bei Lehrkräften anderer Schulformen. In Bezug auf die Unterrichtsgestaltung teilen Gymnasiallehrkräfte stärker als andere Lehrkräfte die Vorstellung eines kognitiv aktivierenden Mathematikunterrichts, der selbständiges verständnisvolles Lernen der Schülerinnen und Schüler unterstützt.

Dennoch wird der Mathematikunterricht von Schülerinnen und Schüler an nicht-gymnasialen Schulformen als relativ positiv beurteilt, während Gymnasiasten ihren

Unterricht eher kritisch bewerten. Wie die die Daten aus der COACTIV-Schülerbefragung zeigen, berichten Schülerinnen und Schüler an Gymnasien durchgängig geringere Ausprägungen an unterstützendem Verhalten seitens der Lehrkraft als Schülerinnen und Schüler anderer Schulformen. So scheinen Lehrkräfte an Gymnasien im Unterricht ein sehr hohes Tempo anzuschlagen und nur wenig aktiv darüber zu wachen, inwieweit Verständnisschwierigkeiten auftreten.

Die nächsten Schritte unseres Projektes betreffen zum einen die weitere Konstruktvalidierung der Indikatoren für das Professionswissen und zum anderen die Verbindung der Bereiche Professionswissen, Unterricht und Kompetenzentwicklung der Schülerinnen und Schüler in multivariaten Vorhersagemodellen.

### **Bedeutung für die Praxis**

Aus den multivariaten Analysen zu Zusammenhängen von Professionswissen, Unterrichtsmerkmalen und Kompetenzentwicklung der Schülerinnen und Schüler können sich Hinweise zu Determinanten von kognitiv aktivierendem Mathematikunterricht ergeben. Diese Hinweise könnten die Basis bilden für die Weiterentwicklung von Konzepten zur Lehreraus- und Fortbildung. Eine praxisrelevante Frage ist dabei vor allem die Frage nach der Rolle des Fachwissens im Vergleich zu fachdidaktischen Wissen für die Gestaltung kognitiv aktivierender Lernumgebungen: Welches dieser beiden Wissensbereiche reguliert tatsächlich das Unterrichtshandeln und sollte deshalb in der Aus- und Fortbildung von Lehrkräften verstärkt vermittelt werden?

Potential zur Verbesserung des Mathematikunterrichts haben auch die von uns eingesammelten Aufgaben. Aufbereitet zu einer Aufgabendatenbank können sie Lehrkräften ermöglichen, gezielt nach Aufgaben zu suchen, die verschiedene mathematische Tätigkeiten auf verschiedenen Niveaus erfordern. Eine Lehrkraft kann dort genauso Aufgaben finden, die mathematisches Argumentieren auf hohem Niveau erfordern wie Aufgaben mit multiplen Lösungsmöglichkeiten.

### **Ausgewählte Veröffentlichungen:**

Baumert, J., Kunter, M., Brunner, M., Krauss, S., Blum, W., Neubrand, M. (2004). Mathematikunterricht aus Sicht der PISA-Schülerinnen und -Schüler und ihrer Lehrkräfte. In: M. Prenzel, J. Baumert, W. Blum, R. Lehmann, D. Leutner, M. Neubrand, R. Pekrun, H.-G. Rolff, J. Rost & U. Schiefele (Hrsg.), *PISA 2003: Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland – Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleiches*. Münster: Waxmann, S. 314-354..

Baumert, J., Blum, W. & Neubrand, M. (2004). Drawing the lessons from PISA-2000: Long term research implications. In: D. Lenzen, J. Baumert, R. Watermann & U. Trautwein (Hrsg.), *PISA und die Konsequenzen für die erziehungswissenschaftliche Forschung*. Beiheft 3-04 der Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, S. 143-157.

Blum, W., Neubrand, M., Ehmke, T., Senkbeil, M., Jordan, A., Ufig, F. & Carstensen C. H. (2004). Mathematische Kompetenz. In: M. Prenzel, J. Baumert, W. Blum, R. Lehmann, D. Leutner, M. Neubrand, R. Pekrun, H.-G. Rolff, J. Rost & U. Schiefele (Hrsg.), *PISA 2003: Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland – Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleiches*. Münster: Waxmann, S. 47-92.

Jordan, A., Rost, N., Krauss, S., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M., Brunner, M., Kunter, M., Löwen, K. (im Druck). »Klassifikationsschema für Mathematikaufgaben: Dokumentation der Aufgabenkategorisierung im COACTIV-Projekt«. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.

Krauss, S., Kunter, M., Brunner, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M., Jordan, A. & Löwen, K. (2004). *COACTIV: Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz*. In: J. Doll & M. Prenzel (Hrsg.), *Die Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung*. Münster: Waxmann, S. 31-53.

Neubrand, M. (2004) (Hrsg.). *Mathematische Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in Deutschland: Vertiefende Analysen im Rahmen von PISA-2000*. Wiesbaden: VS - Verlag für Sozialwissenschaften.

