



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
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.

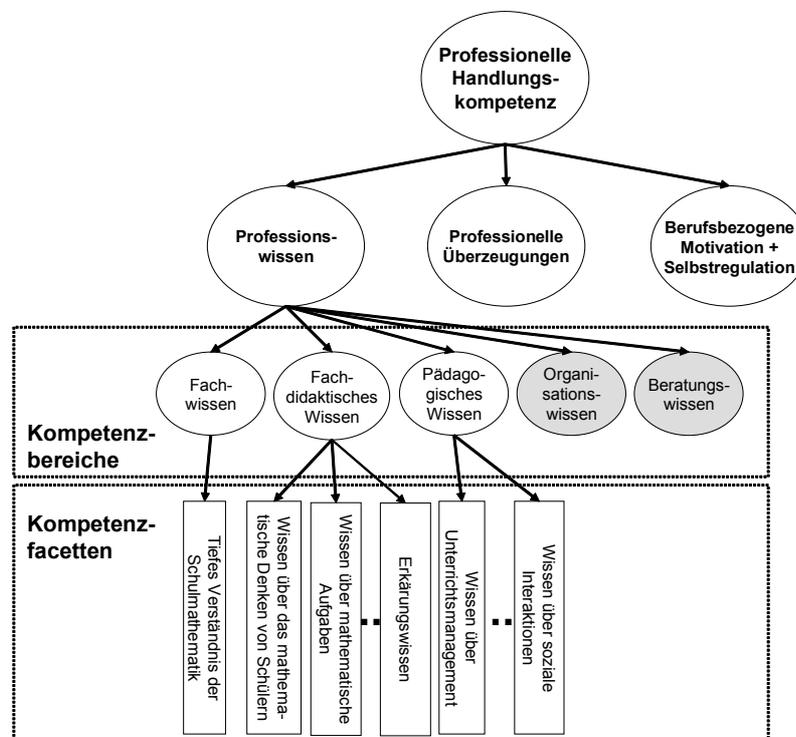


Abbildung 1: Professionelle Handlungskompetenz von Mathematiklehrkräften

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.

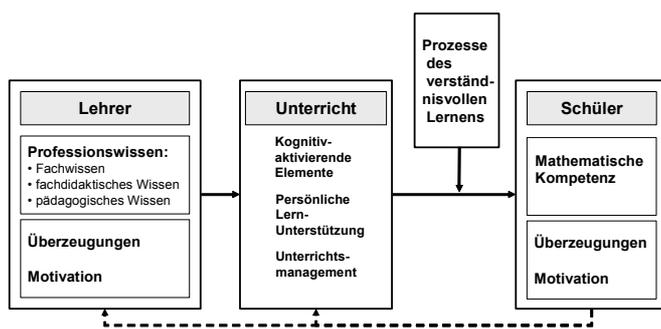


Abbildung 2: Lehrerkompetenz, Unterricht und Lernen der Schüler: Die drei Eckpfeiler des COACTIV-Projekts

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 $2^{1024} - 1$ 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> $\sqrt[3]{9^4} = 3$ $\sqrt[3]{4^6} = 2$ <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: $a^2 - b^2 = (a - b)(a + b)$. Demnach lässt sich $2^{1024} - 1$ zerlegen in $(2^{512} - 1)(2^{512} + 1)$</p> | <p><i>Lösung:</i></p> <p>Der Schüler glaubt, die Formel zur Berechnung von $\sqrt[n]{a^n}$ lautet $\frac{n}{\sqrt[n]{a}}$ (dabei wäre $a^{\frac{n}{n}}$ richtig). Deshalb wird er bei der dritten Aufgabe voraussichtlich rechnen:</p> $\sqrt[5]{8^{10}} = \sqrt[5]{8^2} = \sqrt[5]{8} = \sqrt[2]{8} = 2,828$ |

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 Lehrkompetenz 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 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.

