

Regeln für die Rechenlehre

Mathematik gilt als schwer vermittelbar, schon das Schulfach ist oft unbeliebt. Ob das auch an den Lehrern liegt? Am **MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR BILDUNGSFORSCHUNG** hat ein Team um **MAREIKE KUNTER** untersucht, was einen guten Mathelehrer ausmacht.

Lehrer können autoritär oder unsicher sein, streng oder geduldig, großzügig oder pedantisch. Und dann gibt es die, die als geborene Lehrer gelten. Ihr Unterricht ist verständlich, sie können gut erklären, bei ihnen macht das Lernen Spaß. Für Mareike Kunter vom Berliner Max-Planck-Institut für Bildungsforschung ist der geborene Lehrer, speziell der geborene Mathematiklehrer, jedoch ein Mythos. Sie spricht stattdessen lieber vom „guten Lehrer“ und stellt klar: „Für die Hypothese, dass gute Lehrer per se mit bestimmten Eigenschaften ausgestattet sind, die sie von anderen Personen unterscheiden, gibt es keine Beweise. Auch nicht dafür, dass ihre Persönlichkeit mit besseren Lernerfolgen der Schüler zusammenhängt.“

In der Abteilung Erziehungswissenschaft und Bildungssysteme unter dem Direktor Jürgen Baumert hat Kunter an der Studie *Coactiv* mitgearbeitet, die sich speziell mit dem Mathematikunterricht der Sekundarstufe I, das entspricht den Klassen fünf bis zehn, beschäftigt. Darin wollen sie

und ihre Kolleginnen und Kollegen wissenschaftlich fundiert beantworten, wie erfolgreicher Unterricht aussieht. Welche Merkmale Lehrkräfte aufweisen, die ihren Beruf erfolgreich ausüben. Oder wie die Unterrichtsqualität verbessert werden kann. „Ein guter Lehrer zu sein, das ist kein angeborenes Persönlichkeitsmerkmal“, sagt Kunter: „Es gibt ganz spezielle, berufstypische Kompetenzen, und die sind für Lehrer erlernbar, genauso wie ein Chirurg bestimmte Operationstechniken lernen kann.“

LEHRER ALS STUDIENOBJEKTE

Coactiv steht für Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierenden Mathematikunterricht und die Entwicklung mathematischer Kompetenz. Die Studienobjekte sind die Lehrer, deren Schüler im Schuljahr 2003/2004 an der PISA-Studie im Fach Mathematik teilgenommen haben: Hier können die Forscher also unmittelbar untersuchen, wie Lehrerkompetenz und Schülerleistungen zusammenhängen.

Den ersten Anstoß zu *Coactiv* hatte jedoch schon Ende der 1990er-Jahre die internationale Studie *Timss* (*Third International Mathematics and Science Study*) gegeben. Dabei landete Deutschland nur im unteren Mittelfeld.

Einen ersten Hinweis auf mögliche Ursachen lieferte die parallel dazu durchgeführte *Timss-Video-Studie*. Bei dieser international vergleichenden Untersuchung wurden in Deutschland, den USA und Japan jeweils ungefähr 100 Unterrichtsstunden in Mathematik aufgezeichnet und analysiert. Für jedes Land ließen sich typische Muster in der Unterrichtsgestaltung nachweisen. Das deutsche Muster bestand im fragend-entwickelnden Gespräch, wie es im Jargon der Pädagogen heißt: Der Lehrer stellte der ganzen Klasse eine Aufgabe und versuchte diese im Gespräch mit den Schülern zu lösen.

Oberflächlich betrachtet sieht das nach Aktivität und Schülerbeteiligung aus. Tatsächlich ist dieses Vorgehen stark lehrergesteuert, weil der



FOTOS: DPA - PICTURE ALLIANCE (2)

Lehrer oft schon genaue Vorstellungen davon hat, welcher Lösungsweg beschritten werden soll. Die Schüler sollen eher nur Stichworte geben. Wenn ihre Antworten korrekt, aber nicht direkt zielführend sind, wird darauf im Unterrichtsgespräch nicht eingegangen. Eine konzeptuelle Herausforderung für die Schüler, bei der sie eigenständig ihr Vorwissen und verschiedene Informationen anwenden müssen, um eine Lösung zu finden, ist das nicht.

Die Vorstellung, Mathematikunterricht an deutschen Schulen fördere eigenständiges Denken und die Fähigkeit, Probleme zu lösen, hatte sich schon in *Timss* und *Timss/Video* als Mythos erwiesen. Und dann kam die PISA-Studie: Nachdem es im Jahr 2000 vor allem um die Lesefähigkeit gegangen war, stand im Jahr 2003 Mathematik im Fokus. Im Großen und Ganzen bestätigte PISA die *Timss*-Ergebnisse: Deutsche Schüler liegen mit ihrer mathematischen Kompetenz nur im internationalen Durchschnitt.

Daneben sind Ergebnisse besonders interessant, die Stärken und Schwächen der deutschen Schülerinnen und Schüler beschreiben: Diese können relativ gut Aufgaben rechnen, bei denen sie Techniken und Routinen anwenden oder Fachwissen abrufen müssen. Hingegen bereitet es ihnen Schwierigkeiten, Mathematik selbstständig als Werkzeug zur Lösung von

Problemen einzusetzen. Allerdings zeigte der Vergleich zwischen den Erhebungen im Jahre 2000 und 2003 leichte Verbesserungen in der mathematischen Kompetenz deutscher Jugendlicher; in der PISA-Untersuchung 2006 hatten sich die Mathematikleistungen stabilisiert.

RECHENKNECHTE STATT PROBLEMLÖSER

„Dies könnten“, mutmaßt Mareike Kunter, „erste Auswirkungen des seit *Timss* erkennbaren Bemühens sein, die Unterrichtsqualität in Mathematik durch die Aus- und Weiterbildung von Lehrern systematisch zu verbessern.“ So sei zum Beispiel in ganz Deutschland das *Sinus*-Programm – *Sinus* steht für: Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts – eingeführt worden. Dafür haben Wissenschaftler und Lehrer neue Unterrichtsformen und -materialien entwickelt.

Timss und PISA setzten außerdem lebhaftere Forschungsaktivität in Gang. Woran lag es, dass sich deutsche Schüler eher als Rechenknechte denn als Problemlöser erwiesen? Unklar war dabei schon, wo die Suche nach Gründen ansetzen sollte. „In der empirischen Unterrichtsforschung hatte man bislang die Person des Lehrers nicht weiter thematisiert, sondern sie als gegeben betrachtet und ausschließlich auf den Unterricht ge-

schaute“, sagt Mareike Kunter. Empirisch abgesicherte Untersuchungen über die Kompetenz von Lehrern habe es nur ganz selten gegeben. Theoretische Arbeiten und Alltagsmeinungen, die auf persönlicher Erfahrung beruhten, überwogen.

Dabei suchen wohl manche Schüler und Eltern die Schuld beim Lehrer, wenn die Versetzung gefährdet ist. Um den Mangel an Daten zu beheben, arbeiten Wissenschaftler verschiedener Disziplinen an der *Coactiv*-Studie. Mareike Kunter beispielsweise ist Psychologin und der Projektleiter Jürgen Baumert Erziehungswissenschaftler. Beide kooperieren unter anderem mit den Mathematik-Didaktikern Werner Blum, der an der Universität Kassel lehrt, und Michael Neubrand von der Universität Oldenburg. Auch Mathematiklehrer gehören zum *Coactiv*-Team – nicht nur als Studienteilnehmer, deren Wissen überprüft wurde.

Die speziellen berufstypischen Fähigkeiten, die einen guten Lehrer ausmachen, setzen sich nach einem Modell von Kunter, Baumert und ihren Kollegen aus drei Hauptanteilen zusammen: den grundlegenden Überzeugungen des Lehrers, wie Wissensvermittlung funktioniert, seine Motivation und damit einhergehend die Fähigkeit zu Selbstregulierung sowie das eigentliche Professionswissen. Diese Eigenschaften



Foto: Privat

Ich unterrichte Mathe mit Leib und Seele. Im Aufgabenausschuss des Bundeswettbewerbs Mathematik arbeite ich gerne mit, um jedes Jahr neue spannende Aufgaben für die Schüler zu präsentieren.

Cornelia Wissemann-Hartmann, Mathe-, Physik- und Informatiklehrerin



Foto: Privat / Hintergrund: Mathematikum Gießen

Meinen Schülerinnen und Schülern zu vermitteln, dass Mathematik etwas mit uns zu tun hat und dass unser Leben ohne sie ganz anders aussähe, ist oberstes Ziel meines Unterrichts (...). Dabei finde ich es reizvoll, die Möglichkeiten moderner Software zu nutzen, um die Mathematik lebendig und anschaulich werden zu lassen.

Monika von zur Mühlen, Gymnasiallehrerin für Mathematik, Informatik und Sozialwissenschaften

beeinflussen sich freilich gegenseitig und dürfen nicht isoliert voneinander betrachtet werden.

Um die drei Anteile der Lehrerkompetenz zu überprüfen, haben die *Coactiv*-Forscher verschiedene Instrumente entwickelt: Sie befragten Lehrer und Schüler, analysierten die im Unterricht gestellten Aufgaben und entwickelten Leistungstests, in denen die Lehrer Aufgaben lösen mussten. So prüften die Wissenschaftler, inwieweit sich Lehrer in den Kompetenzbereichen unterscheiden, und ob diese Unterschiede relevant für deren beruflichen Erfolg waren.

Die Grundüberzeugungen der Lehrer, wie Wissensvermittlung funktioniert, sind für die Gestaltung des Unterrichts und somit für die aktive Beteiligung der Schüler ausschlaggebend. Die Bildungsforschung kennt zwei wesentliche Ansichten. Der sogenannte *transmission view*, bei dem Lernen als das Ergebnis von Wissensvermittlung und häufiger Wiederholung aufgefasst wird, äußert sich in Zustimmung zu der Aussage: „Der effizienteste Lösungsweg einer Aufgabenklasse sollte durch Üben eingeschliffen werden.“

Wer dagegen zum sogenannten *construction view* neigt, bei dem Lernen als Resultat geistiger, also kognitiver Aktivität der Schüler gilt, bejaht den Satz: „Schüler sollten Gelegenheit haben, ihre Lösungswege ausführlich zu erklären, auch wenn der Weg

falsch ist.“ Tatsächlich stellten die Forscher fest, dass die Schüler von Lehrern, die eher zum *transmission view* tendierten, weniger lernten.

Um erfolgreich zu unterrichten, müssen Lehrer nicht nur etwas über ihr Fach wissen, sondern auch motiviert sein, dieses Wissen einzusetzen und weiterzuentwickeln. Die Bildungsforscher haben hier eine Eigenschaft näher betrachtet, die auch viele Laien für die Eigenschaft eines guten Lehrers halten: Enthusiasmus. Doch die Begeisterung des Lehrers ist kein Garant für guten Unterricht, wie die Wissenschaftler herausfanden. Nur die Begeisterung für das Vermitteln wirkt sich positiv auf die Unterrichtsqualität aus. Enthusiasmus für die Mathematik allein reicht dagegen nicht.

WENIG RÜCKMELDUNG VON KOLLEGEN

Die Qualität des Unterrichts gezielt zu verbessern wird auch dadurch erschwert, dass Lehrer nur wenig Steuerung von außen erfahren, etwa durch Rückmeldungen von Chefs oder Kollegen. Sie müssen daher selbst regulieren, wie stark sie sich engagieren und von wo an sie sich distanzieren, wenn berufliche Probleme auftreten. Untersucht wurde das mit einer Selbstauskunft der Lehrer.

Dabei stellte sich heraus: Im Vorteil sind genau jene, die einerseits beson-

ders in ihrer Arbeit aufgehen, andererseits aber auch Distanz wahren können und widerstandsfähig sind. Auch anhand von Schülerbefragungen wurde diesen Lehrkräften ein positives Unterrichtsmuster nachgewiesen. Im Vergleich zu Lehrkräften mit geringerem Engagement oder geringerer Widerstandsfähigkeit bescheinigten ihnen ihre Schüler, dass sie gerechter sind, die Selbstständigkeit besser fördern und ihr Tempo angemessener ist.

Zentraler Aspekt der Lehrerkompetenz ist jedoch das Professionswissen, das sich aus fachspezifischen und allgemeinen Anteilen zusammensetzt. Zu Ersterem gehören das Fachwissen als tiefes Verständnis der Schulmathematik sowie die drei Facetten der mathematischen Didaktik: das Wissen über das mathematische Denken von Schülern, das es dem Lehrer ermöglicht, sich in den Schüler hineinzuversetzen, die Kenntnis geeigneter Aufgaben, die das Verständnis fördern, und die Kenntnis verschiedener Erklärungsansätze, mit denen ein Lehrer flexibel auf die jeweiligen Probleme der Schüler eingehen kann.

Dieses Fachwissen zu überprüfen war schwierig. Es sollte kein Universitätsstoff abgefragt werden. Trotzdem sollten die Aufgaben über alltägliches Schulwissen klar hinausgehen. Experten der Mathematikdidaktik brachten hier ihre Erfahrung ein. So entstanden Testaufgaben, „die Hintergrundwissen erfassen, von dem

wir annehmen, dass Lehrer es besitzen müssen, um ihren Schülern den Stoff zu vermitteln“, wie Mareike Kunter kommentiert.

Außerdem mussten Aufgaben entwickelt werden, die von Schülern auf verschiedene Weisen gelöst werden können. Anders als bei den Aufgaben zum Fachwissen wurde hier nicht nach einer richtigen Lösung gefragt. Die Lehrkräfte schnitten vielmehr umso besser ab, je mehr Lösungswege sie angaben.

Zudem müssen Lehrer sich unbedingt in die typischen Denkweisen von Schülern hineinversetzen können, damit sie erkennen, wo es hakt. Dazu heißt es oft, das sei halt ein geborener Lehrer, der kann sich gut in seine Schüler hineindenken. „Tatsächlich steckt dahinter aber auch professionelles Wissen, das man sich aneignen kann“, sagt Mareike Kunter. Diesen Aspekt überprüften sie und ihre Kollegen zum Beispiel mit folgender Aufgabe: „Die Fläche eines Parallelogramms lässt sich berechnen

aus Länge der Grundlinie mal Höhe. Geben Sie bitte ein Beispiel eines Parallelogramms (Skizze), bei dem Schüler mit dem Versuch, diese Formel anzuwenden, eventuell scheitern.“ Eine mögliche Lehrerantwort ist hier zum Beispiel, dass Schüler Schwierigkeiten bekommen könnten, wenn das Parallelogramm so schief ist, dass die Höhenfußpunkte außerhalb des Parallelogramms liegen. Lehrer mussten hier also wissen, welche Fehler Schüler typischerweise machen und wo Verständnisgrenzen liegen.

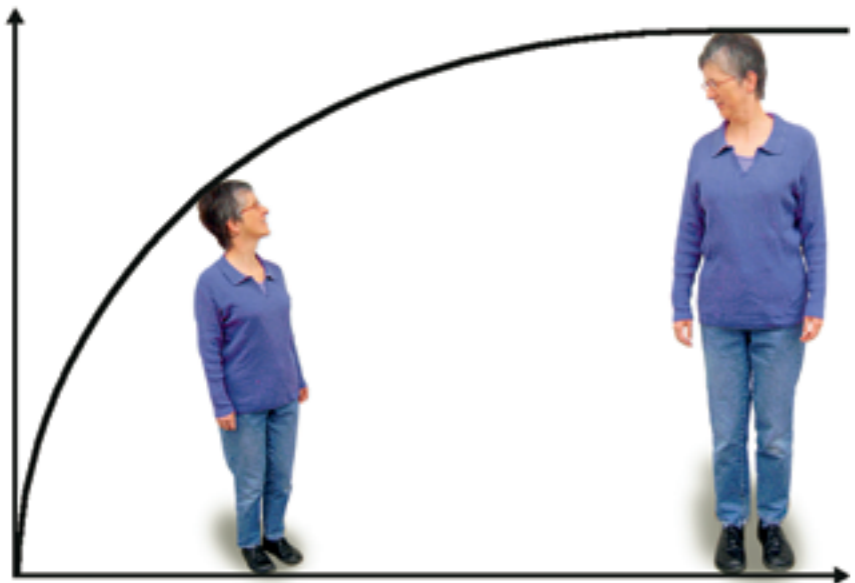
DREI ERKLÄRUNGEN SIND BESSER ALS EINE

Als dritten wesentlichen Aspekt des fachdidaktischen Wissens testeten die Forscher das Repertoire an Erklärungsmöglichkeiten für mathematische Sachverhalte. Schüler verstehen diese nämlich leichter, wenn ihnen ein zweiter oder dritter Erklärungsansatz präsentiert wird, falls der erste nicht gleich zieht. In einer entsprechenden Aufgabe sollten Lehrer möglichst viele

verschiedene Wege skizzieren, mit denen Sie Schülern klarmachen können, warum $(-1) \times (-1) = 1$ ist.

Tatsächlich zeigten Schüler von Lehrern, die in den fachdidaktischen Tests gut abschnitten, bessere Leistungen als jene von fachdidaktisch weniger versierten Kollegen. Insbesondere machten sie im Rahmen der PISA-Studie innerhalb eines Schuljahres den größten Leistungsfortschritt. Das lag zum großen Teil daran, dass Lehrkräfte mit hohem fachdidaktischen Wissen ihren Unterricht stärker kognitiv aktivierend gestalten. Das wiesen die Forscher besonders anhand der im Unterricht eingesetzten Aufgaben nach.

Dabei scheint es sich um einen spezifischen Effekt des fachdidaktischen Wissens zu handeln, denn: Ein entsprechender Zusammenhang zwischen dem Abschneiden im Fachwissenstest und den Lernerfolgen der Schüler war nicht zu beobachten. Ein Meister seines Fachs macht also nicht automatisch guten Unterricht.



Im Jahr der Mathematik möchte ich die Mathematik aus dem Horrorkabinett herausholen, indem ich erreiche, dass meine SchülerInnen nicht Formeln auswendig lernen, die sie bald wieder vergessen, sondern Mathematik wirklich verstehen und spüren, dass sie etwas mit ihrem Leben zu tun hat.

Merle Porta, Individuelle Nachhilfe in Mathematik

Ich hoffe dem mathematischen Nachwuchs einen Blick über den Tellerrand der Schulmathematik hinaus zu ermöglichen und versuche meinen Schülerinnen und Schülern zu vermitteln, dass Mathematik mehr mit Denkenlernen, Problemlösen und Kreativität zu tun hat als mit bloßem Rechnen.

Reinhard Schmidt, Lehrer



Insgesamt unterschieden sich die getesteten Lehrer deutlich in ihrer Kompetenz, und zwar in allen untersuchten Bereichen. Speziell für das Professionswissen fielen den *Coactiv*-Forschern systematische Unterschiede je nach Lehramtsausbildung auf. So besaßen Gymnasiallehrkräfte höheres Fachwissen – was zu erwarten war, weil in ihrer Ausbildung der Fachanteil am größten ist. Doch auch im fachdidaktischen Wissen hatten Gymnasiallehrer deutliche Vorteile, obwohl darauf in der Ausbildung für andere Schulformen eigentlich mehr Gewicht gelegt wird. „Die Befunde legen die Vermutung nahe, dass ein gewisses Fachwissen notwendig ist, um fachdidaktisches Wissen zu erwerben“, folgert Mareike Kunter. Dieser Frage geht das *Coactiv*-Team in Folgestudien nach.

Neben dem speziellen Professionswissen von Mathematiklehrern gibt es auch Fähigkeiten, die alle Lehrer brauchen, egal ob sie Latein, Sport oder Biologie unterrichten. Diese werden im Rahmen von *Coactiv* seit Kurzem mit Fragen zu Entwicklungspsychologie und Pädagogik abgeklopft. In diesen Tests werden Lehrern auch Videoclips von kritischen Unterrichtssituationen gezeigt, für die sie Auswege finden müssen. Da geht es zum Beispiel darum, schnell den Überblick über eine unruhige Klassensituation zu gewinnen oder

Ideen zu nennen, wie der Unterricht besser organisiert werden könnte. Ergebnisse zu diesen Tests liegen noch nicht vor.

Berufserfahrung hilft jedenfalls nicht unbedingt, um guten Unterricht zu machen. Im Fach- und fachdidaktischen Wissen schnitten langjährige Lehrer nicht besser ab als ihre jüngeren Kollegen. Dieses Ergebnis gibt Mareike Kunter und ihren Kollegen einen Hinweis auf die Richtung ihrer zukünftigen Forschung: „Die Kompetenz von Lehrern ist nicht angeboren und sie ist offenbar auch keine Frage der Berufserfahrung“, sagt sie: „Unsere Befunde weisen stattdessen darauf hin, dass zentrale Aspekte der Kompetenz während der formalen Lehrerausbildung erworben werden – allerdings in unterschiedlichem Maße, je nach Art der Ausbildung.“ Deshalb widmen sich die Forscher in der Folgestudie *Coactiv-R* speziell dem Referendariat.

AUSBILDUNG DERZEIT IM UMBRUCH

Einen Blick wollen Kunter und ihr Team auch auf Fortbildungen werfen. Denn selbst wenn Lehrer an vielen Fortbildungen teilgenommen hatten, ließ sich daraus kein Zusammenhang mit ihrem Wissen herstellen. „Das kann zumindest zum Teil daran liegen, dass die meisten Fortbildungen gerade nicht fachliche oder fachdi-

daktische Inhalte abdecken, sondern eher allgemein pädagogische Themen oder Aspekte der Schulorganisation“, vermutet Kunter. Sie möchte jetzt herausfinden, welche Lehrer sich besonders engagiert weiterbilden.

Doch zunächst soll es um den Berufsstart gehen: Mit welchen Kompetenzen beginnen künftige Mathelehrer das Referendariat? Wie entwickeln sich ihre Fähigkeiten, ihr Wissen, ihre Überzeugungen und ihre Motivation währenddessen? Durch welche Faktoren, sowohl individuelle als auch institutionelle, wird die Kompetenzentwicklung beeinflusst? Diese Fragen soll die neue Studie beantworten.

„Die Lehramtsausbildung in Deutschland befindet sich derzeit im Umbruch“, sagt Mareike Kunter: „Die Reformen beruhen aber zu einem großen Teil auf Annahmen, für die es noch wenig empirische Belege gibt.“ So ist zum Beispiel oft zu hören, dass der universitäre Teil der Ausbildung viel zu theorielastig sei und angehende Lehrkräfte eigentlich zu Beginn des Referendariats bei null anfangen, was praktische Kompetenzen angehe – oder dass das Referendariat derart belastend sei, dass viele angehende Lehrkräfte in dieser Zeit die Freude am Beruf verlieren. Mithilfe von *Coactiv-R* wollen die Bildungsforscher hier erneut zwischen Fakten und Fehleinschätzungen unterscheiden. STEFANIE HENSE