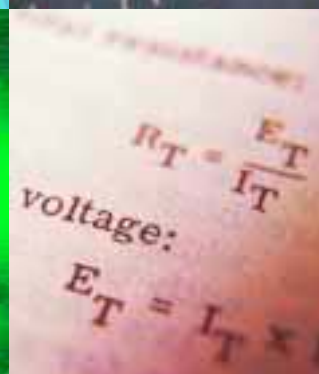
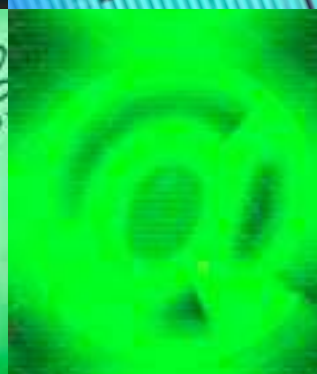
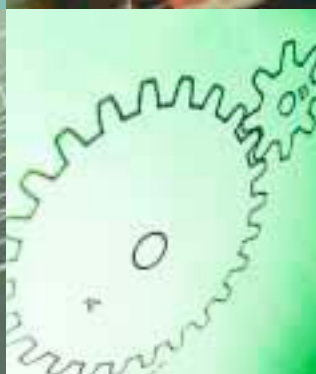
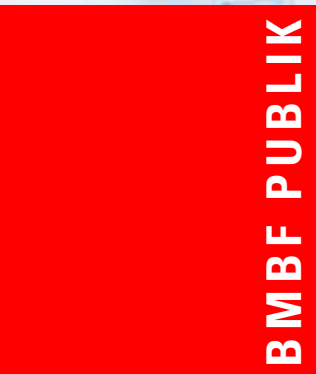
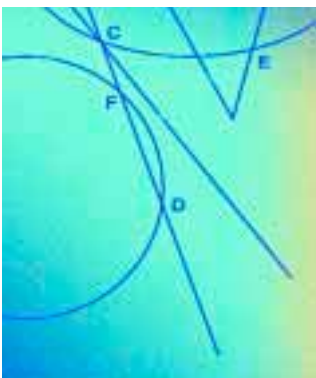




Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# TIMSS – Impulse für Schule und Unterricht

Forschungsbefunde, Reforminitiativen, Praxisberichte  
und Video-Dokumente



**Impressum**

**Herausgeber**

Bundesministerium  
für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Öffentlichkeitsarbeit  
53170 Bonn

**Bestellungen**

Schriftlich an den Herausgeber  
Postfach 30 02 35  
53182 Bonn  
oder telefonisch unter der  
Rufnummer 01805-BMBF02 bzw. 01805-262302  
Fax 01805-BMBF03 bzw. 01805-262303  
0,12 Euro/Min.  
E-Mail: [books@bmbf.bund.de](mailto:books@bmbf.bund.de)  
Internet: <http://www.bmbf.de>

**Autoren**

Eckhard Klieme  
Jürgen Baumert

Peter Baptist  
Werner Blum  
Wilfried Bos  
Jörg Doll  
Steffen Knoll  
Olaf Köller  
Manfred Prenzel  
Horst Schecker  
Gundel Schümer  
Ulrich Trautwein  
Rainer Watermann

**Gestaltung**

BSMG Worldwide Deutschland, München

**Druckerei**

Mediahaus Biering Grafischer Betrieb, München

**Stand**

September 2001

Gedruckt auf Recyclingpapier

**Bildnachweis**

PhotoDisc

# TIMSS – Impulse für Schule und Unterricht

Forschungsbefunde, Reforminitiativen, Praxisberichte und Video-Dokumente



# Inhalt



## **Einleitung: TIMSS als Startpunkt für Qualitätssicherung und Qualitätsentwicklung im Bildungswesen**

(ECKHARD KLIEME & JÜRGEN BAUMERT) ..... 5

## **Jenseits von Leistungsvergleichen: TIMSS-Ergebnisse zu Unterricht, Lehrerhandeln und mathematisch-naturwissenschaftlicher Bildung** ..... 11

Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn – Die Herausforderung von TIMSS für die Weiterentwicklung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts  
(JÜRGEN BAUMERT, ECKHARD KLIEME & WILFRIED BOS) ..... 11

Mathematikunterricht in der Sekundarstufe I: „Aufgabenkultur“ und Unterrichtsgestaltung  
(ECKHARD KLIEME, GUNDEL SCHÜMER & STEFFEN KNOLL) ..... 43

## **Konsequenzen und Reformimpulse: Reaktionen auf TIMSS in Fachdidaktik, Unterrichtsforschung und Bildungspraxis** ..... 59

Das BLK-Modellprogramm „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“ ..... 59

Konzeption, Arbeitsthemen und bisherige Ergebnisse des Programms  
(MANFRED PRENZEL) ..... 59

Aus der Praxis des Modellprogramms: Mathematikunterricht verändern – Verständnis fördern  
(PETER BAPTIST) ..... 67

Was folgt aus TIMSS für Mathematikunterricht und Mathematiklehrerausbildung?  
(WERNER BLUM) ..... 75

TIMSS – Konsequenzen für den Physikunterricht  
(HORST SCHECKER) ..... 85

Das DFG-Schwerpunktprogramm „Bildungsqualität von Schule“ (BIQUA): Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen  
(JÖRG DOLL & MANFRED PRENZEL) ..... 99

## **Mehr als nur eine Momentaufnahme** ..... 105

Möglichkeiten, TIMSS als Basis für die Schuldiagnostik und Schulentwicklung zu nutzen  
(ULRICH TRAUTWEIN & OLAF KÖLLER) ..... 105

## **Weitere Informationen** ..... 121

Verzeichnis der zitierten Literatur ..... 121

Übersicht über die wichtigsten deutschsprachigen Arbeiten zu TIMSS  
(RAINER WATERMANN) ..... 121

Webseiten zu TIMSS und weiteren Projekten ..... 130

Autoren dieser Broschüre ..... 131

A stack of spiral-bound notebooks is shown, with the top notebook open. A pencil is resting on the top notebook. The word "Einleitung" is written in a blue, serif font across the open notebook page.

# Einleitung

# TIMSS als Startpunkt für Qualitätssicherung und Qualitätsentwicklung im Bildungswesen

---

ECKHARD KLIEME & JÜRGEN BAUMERT

Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, Berlin

Bildungspolitik und Öffentlichkeit verfügen in Deutschland nur über unzureichende Informationen zu Rahmenbedingungen, Prozessmerkmalen und Wirkungen des Bildungssystems auf überregionaler und nationaler Ebene. Es gibt bis heute keine regelmäßige Untersuchung und statistische Analyse der Effektivität unseres Bildungssystems. In den USA hingegen, in den Niederlanden und inzwischen auch in Großbritannien und den skandinavischen Ländern ist ein solches *system monitoring* fest verankert. Es dient dort der Bildungspolitik und den Schulen als Feedback- und Frühwarnsystem. In Deutschland gibt es zwar eine breite Vielfalt von Ansätzen der *Qualitätsentwicklung* an Schulen, nicht zuletzt aufgrund der föderativen Struktur des Bildungswesens und der innovativen Arbeit der Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (BLK). Was weitgehend fehlt ist jedoch die *Qualitätssicherung*, das heißt die kritische Bilanzierung durch breite und regelmäßige empirische Bewährungskontrolle.

Auf diesem Hintergrund fanden vergleichende Schulleistungsstudien der *International Association for the Evaluation of Educational Achievement* (IEA), einer weltweit kooperativ arbeitenden Forschungsorganisation, sehr große Beachtung, als sich Mitte der 1990er Jahre nach etwa 20-jähriger Pause erstmals wieder Deutschland daran beteiligte. Besondere Aufmerksamkeit erzeugten die 1997 veröffentlichten Ergebnisse der *Third International Mathematics and Science Study* (TIMSS) für die Mittelstufe (BAUMERT & LEHMANN u.a. 1997). Der „TIMSS-Schock“ machte sich an den für die Öffentlichkeit unerwartet niedrigen (eigentlich: international durchschnittlichen) Leistungsergebnissen fest. Wesentlich bedeutsamer sind allerdings aus wissenschaftlicher Perspektive und auch für den Praktiker ...

... die *differenzierten Befunde zu Wissensstrukturen und Kompetenzen* deutscher Schüler in Mathematik und den Naturwissenschaften: Etwa ein Fünftel der deutschen Schüler beherrschen am Ende des 8. Schuljahres die Grundkenntnisse nicht, bewegen sich also noch auf Grundschulniveau. Generell wird das Wissen nicht in ausreichender Weise vernetzt, das heißt, innerhalb der Schulfächer kumulativ aufgebaut und für die Bearbeitung von komplexeren Problemstellungen genutzt. Die Lernzuwächse sind entsprechend gering, und ein besonderes Leistungstief besteht bei alltagsnahen Anwendungsproblemen.

... die Ergebnisse der ergänzenden Analysen zu *motivationalen und sozialen Faktoren*: Das Interesse an der naturwissenschaftlichen Kerndisziplin, der Physik, sinkt insbesondere bei Mädchen im Verlauf der Sekundarstufe I stark ab. Dies erklärt die äußerst seltene Wahl von Leistungskursen in Physik oder Chemie in der Oberstufe. Auch leistungsmäßig bestehen innerhalb der Schulformen nach wie vor starke Unterschiede zum Nachteil der Mädchen.

... die Aussagen zu *Gestaltung und Wirkung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts*: Der Unterricht ist im Alltag keineswegs so variabel, wie es pädagogisch sinnvoll und von Vertretern alternativer Lernformen gewünscht ist. Typisch für den deutschen Mathematik-, aber in weiten Teilen auch Physikunterricht ist das eng geführte fragend-entwickelnde Gespräch, das den Schülern nur begrenzt verständnisintensives Lernen ermöglicht. (Mehr Informationen zu Merkmalen des Unterrichts und zu den Ergebnissen der Oberstufenstudie finden Sie in Kapitel 1 dieser Broschüre und auf der beiliegenden Multimedia-CD-ROM.)

Vermutlich haben in Deutschland – wie auch in den USA – nicht zuletzt die Unterrichtsanalysen, die mit Videoaufzeichnungen aus repräsentativ ausgewählten Schulen illustriert werden konnten, zu der großen Aufmerksamkeit für die TIMSS-Studie geführt (siehe den Beitrag von KLIEME, SCHÜMER und KNOLL in dieser Broschüre). Anders als etwa die Gesamtschulstudien der frühen 1970er Jahre hat TIMSS den Unterricht selbst – also den Kern des schulischen Arbeitsauftrags – und das professionelle Handeln der Lehrer in den Blick genommen und konnte daher in der Profession besser rezipiert werden. Hinzu kam, dass die Studie in eine Phase großer bildungspolitischer Sensibilität fiel – unter anderem aufgrund der deutschen Wiedervereinigung, der neu aufgelebten Debatte um eine Verkürzung der Gymnasialzeit und der Frage, wie angesichts föderaler Strukturen und wachsender Autonomie der Einzelschulen übergreifende Qualitäts- und Leistungsstandards zu sichern wären.

Jedenfalls haben sowohl die deutsche Bildungspolitik als auch die Praxis und die Bildungsforschung auf TIMSS mit konzertierten Folgeaktivitäten in einem Umfang reagiert, wie er seit über 20 Jahren nicht mehr festzustellen gewesen war. Die Reaktionen betrafen drei unterschiedliche Handlungsbereiche:

- (a) unmittelbare Reformmaßnahmen für den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht,
- (b) eine Verstärkung der empirischen Bildungsforschung mit dem Ziel, Ursachen und Handlungsmöglichkeiten zu erschließen, und
- (c) den Beginn eines *system monitoring* im deutschen Schulwesen, teils auf nationaler und internationaler Ebene, teils in Initiative einzelner Länder.

## Qualitätsentwicklung und Qualifikationssicherung im Anschluss an TIMSS

6

Die Reformen im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht wurden staatlicherseits vor allem durch die Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (BLK) angeregt. Die BLK gab eine umfangreiche Expertise zur „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“ in Auftrag (BAUMERT u.a. 1997). Dieses Reformkonzept, erarbeitet von Experten aus den Fachdidaktiken und den Erziehungswissenschaften, wird seit 1998 als BLK-Modellprogramm realisiert, an dem bundesweit insgesamt 180 Schulen beteiligt sind. In einzelnen Ländern wurde das BLK-Programm durch breite landesweite Aktivitäten in der Lehrerbildung und der Curriculumentwicklung ergänzt. Die starke Resonanz auf TIMSS in den Fachdidaktiken, die zu zahlreichen Publikationen, Tagungen, lokalen und regionalen Initiativen führte, tat ein Übriges zur Entfaltung vielseitiger Ideen für eine neue „Unterrichtskultur“.

Diese Maßnahmen und viele exemplarische Ideen für einen aktivierenden, verständnisorientierten Unterricht werden im zweiten Teil dieser Broschüre dokumentiert. In vier Beiträgen werden das BLK-Modellprogramm, Unterrichtsbeispiele daraus sowie weitere fachdidaktische Konsequenzen in Mathematik und Physik dargestellt. Vier Jahre nach der Veröffentlichung der ersten TIMSS-Ergebnisse ist dies bereits eine beeindruckende Bilanz.

Hochschulen und überregionale Forschungsinstitute haben, ebenfalls angeregt durch TIMSS, ihre Aktivitäten im Bereich der pädagogisch-psychologischen und fachdidaktischen Unterrichts- und Schulforschung verstärkt. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft legte ein Schwerpunktprogramm mit dem Titel „Bildungsqualität von Schule (BIQUA)“ auf, das in derzeit 20 Projekten Forschungsarbeiten zum Lehren und Lernen in Mathematik und Naturwissenschaften bündelt. Diese Forschungen haben schon dadurch eine neue Qualität, dass sie stark interdisziplinär angelegt sind.

Einen bildungspolitisch wegweisenden Beschluss fassten die Kultusminister der Länder im Sommer 1997. In diesem „Konstanzer Beschluss“ wurde vereinbart, dass die Länder regelmäßige Vergleichsuntersuchungen zum Leistungsstand der Schulen durchführen würden. Damit war der Startschuss für den Aufbau eines *system monitoring* in der Bundesrepublik Deutschland gegeben.



Inzwischen sind eine Reihe von Studien in Angriff genommen worden, die Teil dieses *system monitoring* sind:


- Das *Program for International Student Assessment (PISA)* der OECD führte im Jahr 2000 Erhebungen zur Lesekompetenz, zu mathematischen und naturwissenschaftlichen Fähigkeiten und zu fächerübergreifenden Kompetenzen von 15-Jährigen in allen Industrienationen weltweit durch. Ergebnisse werden Ende des Jahres 2001 vorliegen. Die PISA-Studie greift Fragestellungen und Methoden von TIMSS auf und erweitert sie in wesentlicher Hinsicht:
  - (1) PISA ist noch weniger als TIMSS auf fachliches Wissen und Können im engeren Sinne ausgerichtet, sondern auf Kernkompetenzen, über die Jugendliche verfügen sollten, um für ihre weitere Laufbahn in Schule und Ausbildung und für ein erfolgreiches persönliches Leben gerüstet zu sein. Die Fähigkeit, verständnisvoll, problembezogen und kritisch mit Texten und Dokumenten umzugehen, ist eine der wichtigsten Kompetenzen dieser Art und steht daher bei PISA 2000 im Vordergrund.
  - (2) PISA ist kein einmaliger „Schnappschuss“, sondern wird im dreijährigen Rhythmus mit wechselnden Schwerpunkten wiederholt. Auf diese Weise wird es erstmals möglich sein, Veränderungsprozesse in Bildungssystemen auf international vergleichender Ebene nachzuzeichnen.
  - (3) In Deutschland einigten sich die Kultusminister, die erste PISA-Staffel auch für intranationale Vergleiche zu nutzen. Die Studie wurde so erweitert, dass auch Leistungsvergleiche zwischen den Ländern sowie zwischen Schulformen innerhalb eines Bundeslandes möglich sind. PISA wird somit erstmals in der Geschichte der Bundesrepublik Deutschland repräsentative Daten zum Leistungsstand in Teilbereichen unseres Bildungssystems liefern.
- Zwei weitere Studien ergänzen die Bestandsaufnahmen in weiteren wichtigen Teilen des schulischen Curriculums: In einer Studie über *Deutsch-Englisch-Schülerleistungen im internationalen Vergleich (DESI)*, die in den Jahren 2003 und 2004 stattfinden wird, geht es um Leistungen von Schülern in Englisch als erster Fremdsprache und um ein differenziertes Bild der Leistungen im Deutschen unter Einschluss von aktivem Sprachgebrauch, Sprachbewusstheit und kommunikativen Aspekten. Zentraler Teil wird hier wie in TIMSS eine videogestützte Unterrichtsstudie sein, die eine Bestandsaufnahme von Unterrichtspraktiken im Fach Englisch und Aufschluss über deren Zusammenhang mit Leistungsentwicklung geben soll.
- Bereits abgeschlossen ist eine internationale Studie der IEA zu politischem Wissen und politischen Einstellungen von Schülern im Sekundarschulbereich (*Civic Education Study*), an der auch Deutschland teilgenommen hat.
- Mit der *Internationalen Grundschul-Lese-Untersuchung (IGLU)* werden Lernprozesse und Lernergebnisse in der Primarstufe in den Blick genommen.
- Verschiedene Bundesländer ergänzen die internationalen und nationalen Studien durch eigene Untersuchungen mit unterschiedlichen Schwerpunkten. In Baden-Württemberg und Bayern beispielsweise wurden schulformspezifische Vergleichstests durchgeführt, die besonders eng an die Lehrpläne angelehnt waren. Brandenburg (*Qualitätsuntersuchung an Schulen zum Unterricht in Mathematik; QuaSUM*) und Rheinland-Pfalz (*Mathematik-Gesamterhebung Rheinland-Pfalz: Kompetenzen, Unterrichtsmerkmale, Schulkontext; MARKUS*) initiierten eigene Forschungsprojekte über Stand und Bedingungsfaktoren mathematischer Leistungen. Die rheinland-pfälzische Studie zeichnete sich durch das besondere Merkmal aus, dass hier alle Schulen der Sekundarstufe I beteiligt waren und eine schulbezogene Rückmeldung erhielten. Mit einer solchen flächendeckenden Erhebung hatte als erstes das Land Hamburg begonnen, dessen Studie zur Lernausgangslage und Lernentwicklung in der Sekundarstufe (*LAU*) sich zudem dadurch auszeichnet, dass sie eine Schülerkohorte vom Ende der Grundschulzeit bis in die Sekundarstufe II in vier Messzeitpunkten verfolgt und somit Bildungsverläufe nachzeichnen kann.

Hintergrundinformationen zu diesen Studien, ihren Fragestellungen, Aussagemöglichkeiten und Grenzen gibt der im Auftrag der Kultusministerkonferenz im Jahr 2001 von FRANZ WEINERT herausgegebene Band „Leistungsmessungen in Schulen“. Gemeinsam ist diesen Untersuchungen, dass sie auf der Ebene eines Bildungssystems Informationen über die Rahmenbedingungen, die Funktionsmerkmale von Schule und Unterricht sowie die Kompetenzen, Motive und Einstellungen der Schüler zur Verfügung stellen. Ein solches *monitoring* liefert Basisinformationen, die für Entscheidungen über Schulstruktur, Lehrpläne, Lehreraus- und -weiterbildung oder die Schulbuchgestaltung unmittelbar relevant sind. Ein Typus von Informationen, der in der Öffentlichkeit besondere Beachtung findet, sind so genannte *benchmarks*, das heißt Leistungsergebnisse besonders erfolgreicher Bildungssysteme im In- und Ausland, mit denen die Resultate des deutschen Sekundarschulsystems insgesamt (so bei TIMSS) oder eines Bundeslandes (wie bei PISA geplant) verglichen werden können. Erst durch Zusammenhangsanalysen jedoch, die mögliche Ursachen für Stärken und Schwächen eines Bildungssystems benennen, werden solche Vergleiche interessant und handlungsrelevant. Während bei TIMSS das Curriculum, der Unterricht selbst, der Kontext der Schulklasse sowie die Interdependenz von Leistungs- und Motivationsentwicklung im Vordergrund standen, werden sich Erklärungsansätze im PISA-Projekt stärker auf den sozioökonomischen und kulturellen Hintergrund der Schüler sowie auf pädagogische und organisatorische Merkmale der Schule beziehen. Die Studien können somit Ansatzpunkte für Optimierung und Qualitätsentwicklung auf verschiedenen Ebenen des Bildungssystems (von der unterrichteten Klasse bis zum Gesamtsystem) benennen. Es geht nicht bloß um „Benchmarking“ oder „Ranking“, sondern um die Analyse von Wirkungszusammenhängen und damit von Interventionsmöglichkeiten.

Diese Schulleistungsstudien sind kein wissenschaftlicher Selbstzweck, sondern zielen darauf ab, professionelles pädagogisches Handeln in der Unterrichtspraxis, in Schuladministration und Bildungsverwaltung, in der Lehrerbildung und der Curriculumentwicklung zu unterstützen. Die beteiligten Wissenschaftler und die zuständigen Gremien der Kultusverwaltungen beschäftigen sich daher intensiv damit, wie Erkenntnisse der Studien in der Praxis genutzt werden können:

- Vor allem geht es darum, die Befunde so aufzubereiten und öffentlich zugänglich zu machen, dass sie von Lehrern und anderen Akteuren im Bildungssystem wahrgenommen, kritisch reflektiert und im eigenen professionellen Handeln berücksichtigt werden können. Die vorliegende Broschüre ist ein Beitrag zu diesen Disseminationsvorhaben. Andere Formen sind in vielfältiger Weise im Rahmen der BLK und in den einzelnen Ländern erprobt worden. Weitere Vorhaben, die vor allem die Mittel moderner, Internet-basierter Information und Kommunikation nutzen, sind in Vorbereitung.
- In mehreren Projekten wird darüber nachgedacht, wie die Schulleistungsstudien in der Entwicklung von Einzelschulen genutzt werden können. Eine Möglichkeit dazu bietet die Rückmeldung an die beteiligten Testschulen. Die Rückmeldungen müssen so gestaltet und durch Beratungsaktivitäten unterstützt werden, dass die Schulen die Informationen aufgreifen, kritisch reflektieren und in die eigene Praxis einbinden können. Allerdings sollten die Erwartungen an eine solche einmalige Rückmeldung nicht zu hoch angesetzt werden. Schulentwicklung bedarf eines langfristigen pädagogischen Prozesses, der an den Zielen und Problemen der einzelnen Schule ansetzt. Instrumente aus Schulleistungsstudien können nur einen begrenzten Beitrag zur Selbstevaluation von Schulen leisten. Wie dieser Beitrag aussehen kann und wie er in einen pädagogischen Entwicklungsprozess eingebunden werden kann, illustriert der Bericht von TRAUTWEIN und KÖLLER über Schulen, die Instrumente aus TIMSS und anderen Schulleistungsstudien zur Evaluation und Beratung genutzt haben.
- Die Fachdidaktiken sind aufgerufen, Schulleistungsstudien so zu gestalten und ihre Ergebnisse so auszuwerten, dass sie unmittelbar unterrichtsbezogene Folgerungen erlauben. TIMSS hat hier Maßstäbe gesetzt.

Vier Jahre nach der Publikation der ersten TIMSS-Ergebnisse lässt sich bilanzieren: TIMSS hat erfolgreich die Bildungspolitik, die Bildungsadministration, Forschung und Praxis in Bewegung gebracht. Ziel und Kern der Qualitätsentwicklung an Schulen, die durch TIMSS und andere Studien angeregt wird, ist die professionelle Handlungskompetenz von Lehrern und damit die Qualität des Unterrichts. Dass TIMSS hierzu durch empirische Befunde und durch Anstoß von Reforminitiativen Wesentliches beigetragen hat, soll dieser Band dokumentieren.



# Jenseits von Leistungsvergleichen

# TIMSS-Ergebnisse zu Unterricht, Lehrerhandeln und mathematisch-naturwissenschaftlicher Bildung

---

## Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn – Die Herausforderung von TIMSS für die Weiterentwicklung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts

JÜRGEN BAUMERT, ECKHARD KLIEME & WILFRIED BOS  
Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, Berlin

Die Qualitätsentwicklung in Schule und Unterricht hat seit Mitte der 1990er Jahre in Deutschland neue Impulse bekommen, und zwar durch Forschungen, die Bildungsprozesse und Bildungsergebnisse gleichzeitig in den Blick nehmen und empirisch untersuchen. Am augenfälligsten wurde die „empirische Wende“ der Qualitätsdebatte mit der „Dritten Internationalen Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie“ (TIMSS).

Der unseres Erachtens wohl wichtigste Beitrag von TIMSS liegt in der Neustrukturierung der öffentlichen und professionellen Aufmerksamkeit. Nach TIMSS finden Bildungsthemen größeres Interesse, und der Unterricht selbst ist als Kernaufgabe der Schule in das Zentrum der Aufmerksamkeit gerückt. Nachdem sich der unergiebigere Streit über Ranking und Nicht-Ranking beruhigt hat, werden zunehmend auch die differenzierten und konstruktive Antworten verlangenden Ergebnisse von TIMSS einer breiteren Öffentlichkeit sichtbar. Dass sie in der Fachwelt bereits rezipiert worden sind, belegen die nachfolgenden Beiträge. Im Folgenden wollen wir versuchen, die wichtigsten zur Nachdenklichkeit und kreativen Gestaltung herausfordernden Befunde von TIMSS, soweit sie sich auf die mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn beziehen, im Überblick darzustellen.

11

### Wer nahm an TIMSS teil und welche Kompetenzen wurden untersucht?

Die Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie untersuchte Schülerinnen und Schüler aus drei Altersgruppen, die sich in jeweils unterschiedlichen Phasen ihrer Schul- und Bildungslaufbahn befanden. Population I repräsentiert die Grundschule, Population II die Sekundarstufe I und Population III die Sekundarstufe II. An der Mittelstufenuntersuchung nahmen 45 Staaten teil. Das Teilnahmeinteresse war bei der Untersuchung in der Grundschule und Sekundarstufe II geringer. An der Oberstufenuntersuchung TIMSS/III beteiligten sich 24 Länder. Die meisten Teilnehmer waren west- und osteuropäische Staaten. Darüber hinaus nahmen die englischsprachigen Länder Australien, Kanada, Neuseeland und die USA teil. Weitere Teilnehmerstaaten waren Israel und Südafrika.

In Deutschland wurden in der Mittelstufe (Sekundarstufe I) und in der Oberstufe (Sekundarstufe II) jeweils etwa 150 repräsentativ ausgewählte Schulen untersucht. Die Oberstufenstudie bestand wiederum aus zwei Teilerhebungen, in denen auch unterschiedliche Tests eingesetzt wurden. Die Erhebung zur mathematischen und naturwissenschaftlichen Grundbildung bezog sich auf die Zielgruppe aller Personen, die sich am Ende der vollzeitlichen Ausbildung in der Sekundarstufe II befanden – einschließlich der Auszubildenden im letzten Lehrjahr. Die Erhebung zur so genannten voruniversitären Mathematik und Physik hingegen bezog sich nur auf jene Schüler der gymnasialen Oberstufe (einschließlich Oberstufen an Gesamtschulen und beruflichen Gymnasien), die Grund- oder Leistungskurse in diesen Fächern belegt hatten.

Innerhalb von TIMSS sind zwei unterschiedliche Testkonzepte entwickelt worden:

- (1) Die TIMS-Mittelstufenstudie und die voruniversitären Mathematik- und Physiktests lehnen sich eng an Lehrpläne an. Ziel war hier, zentrale Inhalte und Anforderungen des Fachunterrichts, wie sie international in relativ guter Übereinstimmung festgelegt sind, im Test abzudecken. Damit folgte TIMSS der Tradition der curriculumbezogenen Leistungsmessung.
- (2) Der Erhebung zur mathematischen und naturwissenschaftlichen Grundbildung in der Sekundarstufe II, die sich insbesondere an Absolventen beruflicher Bildungsgänge richtete, lag ein theoretisches Konzept von Grundbildung (englisch: *Literacy*) zu Grunde, das auf pädagogischen und fachdidaktischen Überlegungen beruhte, die vor allem im angelsächsischen Raum entwickelt worden waren. Grundbildung in diesem Sinne umfasst die Kenntnis zentraler Konzepte und Arbeitsprinzipien dieser Fächer – auf dem Niveau der Sekundarstufe I –, darüber hinaus aber ganz wesentlich die Fähigkeit, dieses Wissen in alltäglichen Zusammenhängen zu nutzen und zu kommunizieren. *Literacy* ist somit eine Verknüpfung von fachsystematischem Verständnis und Anwendungsorientierung. Dieses Konzept und seine bildungstheoretische Grundlage haben KLIEME, BAUMERT, KÖLLER und BOS (2000) ausführlich dargestellt und erläutert.

**TIMSS/III verwendet zwei unterschiedliche Testkonzeptionen:**

- Der voruniversitäre Mathematik- und Physiktest, der an gymnasialen Oberstufen eingesetzt wurde, orientiert sich an Lehrplänen.
- Die Erhebung zur mathematischen und naturwissenschaftlichen Grundbildung (*Literacy*) beruht auf einem Bildungskonzept, das fachsystematisches Verständnis und Anwendungsorientierung verbindet.

### **Die TIMSS-Tests zur mathematischen und naturwissenschaftlichen Grundbildung: *Literacy* als theoretische Basis der Leistungsmessung**

In der internationalen Fachdiskussion werden mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen – ebenso wie das Textverstehen oder Computer-Literalität – als basale Kulturwerkzeuge verstanden, die universelle Bedeutung für das Verständnis der natürlichen und sozialen Umwelt und das selbstständige verantwortliche Handeln im Beruf, in der Öffentlichkeit und im privaten Alltag haben. Allerdings erschöpft sich *Literacy* nicht in der Kenntnis und Nutzung einfacher Begriffe und Verfahren. Sie schließt vielmehr ein Verständnis zentraler theoretischer Konzepte und Arbeits- und Denkweisen sowie den kritischen Umgang mit mathematischen und naturwissenschaftlichen Modellen ein. Dementsprechend werden mehrere Stufen von *Literacy* unterschieden, die von einem anschaulichen Verständnis von Alltagsphänomenen über ein sinnvolles Anwenden elementarer fachlicher Modelle bis hin zur vollen Kommunikations- und Urteilsfähigkeit in diesen Gebieten reichen.

Die Aufgaben der TIMSS-Grundbildungstests sollen nun – im Sinne dieses *Literacy*-Konzepts – prüfen, inwieweit zentrale Konzepte des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts der Mittelstufe verstanden sind und in Alltagskontexten genutzt werden können. Aufgaben, in denen lediglich Wissens Elemente und Routinen geprüft werden, bilden die Minderheit. Überwiegend werden konzeptuelles Denken, Problemlösen und Anwenden gefordert. Die empirische Prüfung der Testdaten ergab, dass es gerechtfertigt ist, von jeweils homogenen Leistungsdimensionen der mathematischen und naturwissenschaftlichen Grundbildung zu sprechen. Um die Testergebnisse inhaltlich zu verankern und für die Fachdidaktik und Unterrichtspraxis nutzbar zu machen, wurden Kompetenzstufen definiert, die durch typische Aufgaben charakterisiert werden. Jede Testaufgabe wird dabei dem Fähigkeitsniveau zugeordnet, das man benötigt, um die Aufgabe mit ausreichender Sicherheit (d.h. in TIMSS mit einer Wahrscheinlichkeit von mindestens 66 %) lösen zu

können. Die Definition von Teststufen und deren Beschreibung durch kognitive Anforderungen, die in konkreten Aufgaben veranschaulicht werden, ist wahrscheinlich der wichtigste Schritt zur praktischen Nutzung der TIMSS-Ergebnisse. Hierin unterscheidet sich TIMSS von fast allen Schulleistungstests.

**TIMSS klärt die Struktur erworbenen Wissens und veranschaulicht diese in konkreten Aufgabenbeispielen. Dies ermöglicht eine didaktisch-konstruktive Interpretation der Testergebnisse.**

Für die mathematische Grundbildung wurden vier Kompetenzniveaus definiert. Abbildung 1 zeigt die TIMSS-Fähigkeitsskala und positioniert darauf vier Beispielaufgaben aus dem Test zur mathematischen Grundbildung. Diese Beispiele markieren die vier Kompetenzstufen. Gemeinsam mit anderen Markieritems, die hier nicht wiedergegeben werden können, lassen sie eine inhaltliche Interpretation der Kompetenzniveaus zu.

Mathematische Grundbildung bewegt sich danach zwischen den Polen des erfahrungsgebundenen Denkens einerseits und der kritischen Verwendung mathematischer Modelle andererseits. Diese empirisch gewonnene Abstufung zwischen Kompetenzniveaus stimmt mit den Stufen von *Literacy* überein, die in der theoretischen Diskussion genannt werden.

#### **Stufe 1 (Testwert 400): Alltagsbezogene Schlussfolgerungen**

Beispielaufgabe C6 ist eine Aufgabe, die auf diesem untersten Kompetenzniveau mit ausreichender Sicherheit gelöst werden kann. Die Aufgabe verlangt keinerlei explizites mathematisches Operieren, sondern nur die intuitive Überlegung: Je mehr Schritte jemand benötigt, um eine bestimmte Entfernung zu überwinden, desto kleiner ist seine Schrittlänge.

#### **Stufe 2 (Testwert 500): Anwendung von einfachen Routinen**

Auf dieser Stufe können Aufgaben gelöst werden, die einfache Proportionalitätsüberlegungen, Prozentrechnungen (siehe Beispielaufgabe D13) oder Flächenberechnungen erfordern. Dies sind Standardstoffe des Mathematikunterrichts der Mittelstufe.

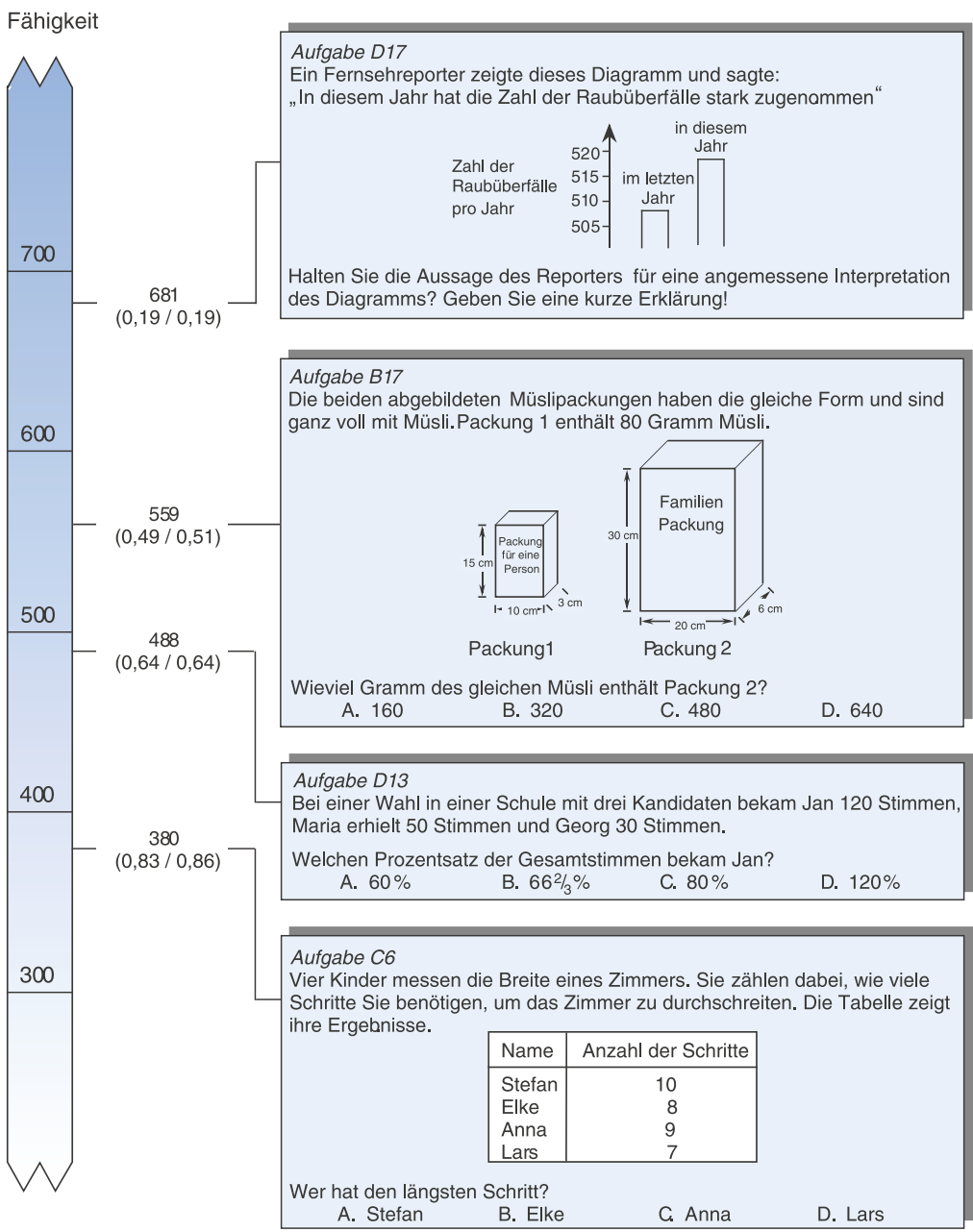
#### **Stufe 3 (Testwert 600): Bildung von Modellen und Verknüpfung von Operationen**

Wer diese Fähigkeitsstufe erreicht, kann auch Aufgaben lösen, bei denen mehrere mathematische Operationen verknüpft werden müssen, in Beispielaufgabe B17 etwa Volumenberechnung und Verhältnisrechnung. Typisch ist auch, dass der mathematische Ansatz nicht im Aufgabentext selbst nahe gelegt wird, sondern erschlossen werden muss. Auf dieser Kompetenzstufe ist also mathematisches Modellieren möglich.

#### **Stufe 4 (Testwert 700): Mathematisches Argumentieren**

Wer diese Stufe der mathematischen Grundbildung erreicht, vermag komplexe Diagramme zu erstellen und kritisch zu interpretieren. In der Beispielaufgabe D17 etwa muss der Bearbeiter erkennen, dass die dargestellte Zunahme der Zahl der Raubüberfälle nur etwa 1/50 der Ausgangsbasis ausmacht und daher keineswegs als starke Zunahme interpretiert werden darf.

**Abbildung 1: Testaufgaben aus dem Bereich mathematischer Grundbildung – Beispiele nach Schwierigkeit**



Die Werte an den Verbindungslinien zwischen den Beispielen und der Fähigkeitsssäule geben das für eine 65-prozentige Lösungswahrscheinlichkeit erforderliche Fähigkeitsniveau und die Werte in Klammern die relativen internationalen und deutschen Lösungshäufigkeiten an.



Auch im naturwissenschaftlichen Bereich wurden vier Kompetenzstufen unterschieden. In der Abbildung 2 sind vier Beispielaufgaben aus der Biologie angeführt. Im Verbund mit weiteren Markieraufgaben lassen diese Beispiele die folgende zusammengefasste Interpretation der Kompetenzstufen im Bereich der naturwissenschaftlichen Grundbildung zu.

#### **Stufe 1 (Testwert 400): Naturwissenschaftliches Alltagswissen**

Die Wahl der richtigen Antwortalternative in Beispielaufgabe B2 ist schon möglich, wenn man weiß, dass gesunde Ernährung etwas mit Vitaminen zu tun hat. Derartiges Wissen setzt noch keinen systematischen Schulunterricht voraus.

#### **Stufe 2 (Testwert 500): Erklärung einfacher alltagsnaher Phänomene**

Diese zweite Kompetenzstufe markiert den internationalen Durchschnitt naturwissenschaftlicher Grundbildung. Hier muss man beispielsweise wissen, dass Infektionskrankheiten durch Übertragung von Krankheitserregern verursacht werden, und man muss dieses Wissen einsetzen, um alltagsnahe Phänomene wie eine Grippeerkrankung zu erklären (vgl. Beispielaufgabe D3).

#### **Stufe 3 (Testwert 600): Anwendung elementarer naturwissenschaftlicher Modellvorstellungen**

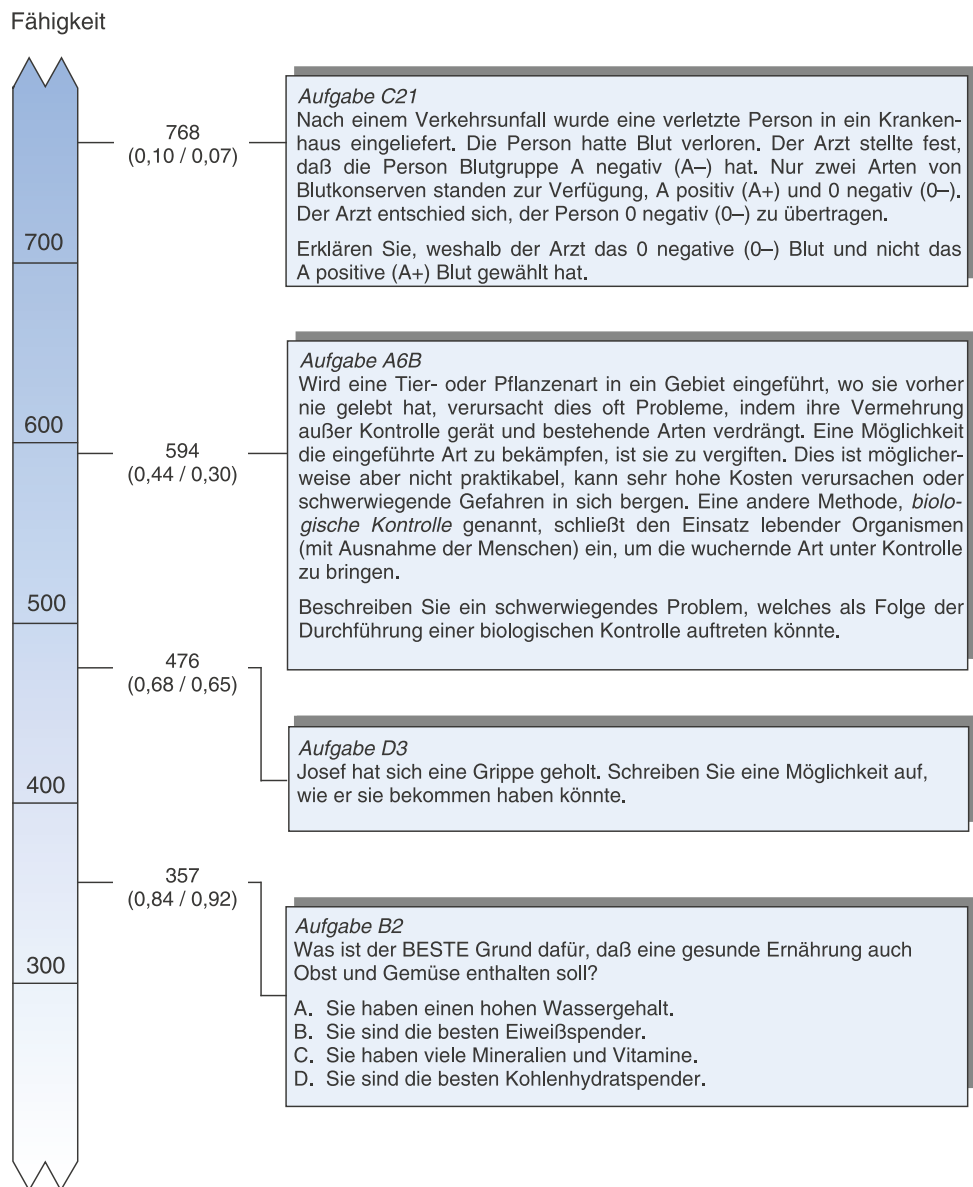
Die Beispielaufgabe A6B erfordert ein Verständnis für Vorgänge in einem Ökosystem: Die Einführung eines neuen Organismus in ein solches Ökosystem kann unerwünschte Nebenfolgen haben, wie zum Beispiel die übermäßige Vermehrung des neuen Organismus, wenn dieser keine natürlichen Feinde besitzt. Auf dieser Kompetenzstufe werden demnach Modellvorstellungen angesprochen, die der naturwissenschaftliche Unterricht der Mittelstufe vermittelt.

#### **Stufe 4 (Testwert 700): Verfügung über grundlegende naturwissenschaftliche Fachkenntnisse**

Diese höchste Stufe der naturwissenschaftlichen Grundbildung setzt korrektes Fachwissen voraus, beispielsweise über Prozesse der Photosynthese, über physikalische Energiekonzepte oder (in Beispielaufgabe C21) über Blutgruppen im menschlichen Organismus.

Die Aufgaben der beiden Grundbildungstests wurden Experten aus der beruflichen Bildung mit der Bitte vorgelegt, zu überprüfen, ob das Verständnis der erfassten Sachverhalte eine wichtige Voraussetzung für die berufliche Ausbildung sei. Berufsschullehrer sowie Vertreter von Industrie- und Handelskammern ordneten drei Viertel der mathematischen und etwa die Hälfte der naturwissenschaftlichen Aufgaben als „wichtig“ oder „sehr wichtig“ für die berufliche Ausbildung ein, wobei je nach Berufsfeld unterschiedliche Schwerpunkte erkennbar waren.

**Abbildung 2: Testaufgaben aus dem Bereich naturwissenschaftlicher Grundbildung – Beispiele für Biologie nach Schwierigkeit**



Die Werte an den Verbindungslinien zwischen den Beispielen und der Fähigkeitsssäule geben das für eine 65-prozentige Lösungswahrscheinlichkeit erforderliche Fähigkeitsniveau und die Werte in Klammern die relativen internationalen und deutschen Lösungshäufigkeiten an.

## Welches Grundbildungsniveau erreichen junge Erwachsene am Ende der Schullaufbahn?

Die Befunde der Ländervergleiche sind auf der allgemeinen Ebene mathematischer und naturwissenschaftlicher Grundbildung konsistent. Das am Ende der schulischen und beruflichen Erstausbildung erreichte Niveau mathematisch-naturwissenschaftlicher Grundbildung liegt im internationalen Vergleich in einem mittleren Bereich. Schulabsolventen wichtiger europäischer Nachbarstaaten erreichen tendenziell oder deutlich bessere Leistungsergebnisse. Das Gesamtbild ist über alle verglichenen Teilpopulationen hinweg stabil. Auch bei der Betrachtung des oberen Leistungsviertels der Alterskohorte ergeben sich keine abweichenden Resultate. Der Leistungsrückstand der deutschen Schüler des Abschlussjahrgangs der Sekundarstufe II ist gegenüber der durch Schweden, die Niederlande, Norwegen und die Schweiz gebildeten Spitzengruppe substantiell. Gleichzeitig ist das Durchschnittsalter des Absolventenjahrgangs in Deutschland mit 19,5 Jahren relativ hoch.

**In den meisten TIMSS-Teilnehmerstaaten erreichen die Schul- und Ausbildungsabsolventen ein vergleichbares oder höheres mathematisches und naturwissenschaftliches Grundbildungsniveau in jüngerem Alter. Die weit verbreitete Rückstellungs- und Klassenwiederholungspraxis in Deutschland scheint sich nicht in verbesserten Leistungsresultaten auszuzahlen.**

Um die Ergebnisse zu veranschaulichen, kann man die Besetzung der verschiedenen Kompetenzniveaus betrachten. Im Vergleich zu Frankreich, den Niederlanden, Norwegen und der Schweiz – Länder, die vergleichbare Anteile der Alterskohorte untersucht haben – zeigen sich, wie Tabelle 1 zu entnehmen ist, die Besonderheiten der Leistungsverteilung der deutschen Schüler. Im Bereich der mathematischen Grundbildung sind das unterste Fähigkeitsniveau über- und die beiden obersten Fähigkeitsniveaus deutlich unterbesetzt. Sobald die Verknüpfung von mathematischen Operationen oder mathematisches Argumentieren verlangt werden, fallen die deutschen Schüler zurück.

Die Befunde für die naturwissenschaftliche Grundbildung, die in Tabelle 2 zusammengefasst sind, zeigen wiederum die Überrepräsentation des untersten Fähigkeitsniveaus bei deutschen Schülern und Schülerinnen. Der qualitative Niveauunterschied im Vergleich zu den in den Niederlanden, Norwegen und der Schweiz erreichten naturwissenschaftlichen Leistungen wird auch auf der Ebene der Anwendung grundlegender naturwissenschaftlicher Fachkenntnisse sichtbar. Der Anteil der Alterskohorte, der dieses von den deutschen Lehrplänen vorgeschriebene Niveau erreicht, ist in diesen Ländern deutlich höher als in Deutschland.

**Im internationalen Vergleich erreichen junge Erwachsene in Deutschland am Ende des ersten schulischen und beruflichen Ausbildungszyklus sowohl im mathematischen als auch im naturwissenschaftlichen Bereich ein bestenfalls mittleres Grundbildungsniveau. In beiden Bereichen ist der Abstand zu dem in den leistungsstärksten Ländern erreichten Grundbildungsniveau beträchtlich.**

**Besonders bedenklich ist der in Deutschland besonders hohe Anteil von Schulabsolventen, deren Kompetenzniveau nicht über praktisches Alltagswissen hinausgeht. Für diese Gruppe hat der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht sein Mindestziel verfehlt. Denkt man an konstruktive Maßnahmen, wird diese Risikogruppe ein erster Adressat sein.**

**Tabelle 1: Schüler nach Fähigkeitsniveau im Bereich mathematischer Grundbildung und ausgewählten Ländern bei normiertem und nicht normiertem TIMSS Coverage Index<sup>1</sup> (Spaltenprozent; TCI = 78 %)**

	Deutschland	Frankreich	Niederlande	Norwegen	Schweiz
Alltagsbezogene Schlussfolgerungen	15,4	0,0	3,7	0,6	0,8
Anwendung von einfachen Routinen	36,6	34,3	21,5	35,0	29,3
Bildung von Modellen und Verknüpfung von Operationen	34,1	47,6	41,3	40,2	43,0
Mathematisches Argumentieren	13,9	18,1	33,4	24,2	26,9
Insgesamt	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

<sup>1</sup> Der *TIMSS Coverage Index* gibt den Anteil des mittleren Altersjahrgangs der 15- bis 19-Jährigen an, auf den sich die Verteilungsangaben beziehen.

**Tabelle 2: Schüler nach Fähigkeitsniveau im Bereich naturwissenschaftlicher Grundbildung und ausgewählten Ländern bei normiertem und nicht normiertem TIMSS Coverage Index<sup>1</sup> (Spaltenprozent; TCI = 78 %)**

	Deutschland	Frankreich	Niederlande	Norwegen	Schweiz
Praktisches Alltagswissen	13,6	6,6	2,7	0,0	4,5
Erklärung einfacher Phänomene	36,6	48,2	23,2	27,6	33,3
Anwendung elementarer Modellvorstellungen	36,5	37,0	43,9	45,5	40,4
Naturwissenschaftliche Fachkenntnisse	13,3	8,2	30,3	26,9	21,8
Insgesamt	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

<sup>1</sup> Der *TIMSS Coverage Index* gibt den Anteil des mittleren Altersjahrgangs der 15- bis 19-Jährigen an, auf den sich die Verteilungsangaben beziehen.

Die im Vergleich mit den besonders leistungsstarken europäischen Nachbarstaaten sichtbar werden- den qualitativen Niveauunterschiede signalisieren eine Diskrepanz zwischen Lehrplanvorschriften und Bildungszielen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer einerseits und dem erreichten Ausbildungs-niveau andererseits. Nach den Befunden zur mathematischen und naturwissenschaftlichen Grund- bildung scheint der Unterricht in diesen Fächern gerade seinen allgemeinbildenden Aufgaben, die sich als Vermittlung von Orientierungswissen und Einführung in spezifische grundlegende Denk- und Argu- mentationsweisen bezeichnen lassen, nur begrenzt gerecht zu werden. Diese Befunde sind auch deshalb bedenklich, weil TIMSS in einem qualitativen Vergleich von Ergebnissen der Mittel- und Oberstufe star- ke Hinweise darauf erbracht hat, dass ein systematischer Schulunterricht für das Erreichen eines befrie- digenden oder gar hohen Grundbildungsniveaus in Mathematik und den Naturwissenschaften aus- schlaggebend ist. Die Funktion der allgemeinbildenden Schule für die Wissensvermittlung in diesen Fächern ist nicht durch außerschulische Erfahrungen oder spezifische berufliche Angebote zu ersetzen. Während man etwa eine Fremdsprache auch nach der Schule vervollkommen oder beginnen kann, ist für alle Menschen, die keinen mathematischen, naturwissenschaftlichen oder technischen Beruf ergrei- fen, die Schule faktisch der einzige Ort einer systematischen Begegnung mit mathematischem und na- turwissenschaftlichem Denken. In diesem Lebensabschnitt wird über die Vertrautheit eines Menschen mit einem wichtigen Teil moderner Kultur entschieden.

**Konstruktive Rückschlüsse wird man aus diesen Ergebnissen in zweifacher Richtung zu ziehen haben. Es steht eine Neujustierung der Lehrpläne an, bei der nicht nur das Wünschbare, sondern auch das Erreichbare als Regulativ dient und die längst überfällige Konzentration auf das Wesentliche vollzogen wird. Folgen die Schulbücher dieser Linie, wird vermutlich auch die Voraussetzung verbessert, um einem verständnisorientierten Unterricht zu größerer Verbreiterung zu verhelfen. Die nachfolgenden Beiträge skizzieren die Entwicklungsrichtung; sie machen aber auch klar, dass dieser Weg steinig sein wird und mit jeder Änderung von Unterrichtsroutinen große Hindernisse überwunden werden müssen.**

## **Stärken und Schwächen der deutschen Schulabsolventen**

Methodisch differenzierte Analysen von Einzelaufgaben geben schließlich Auskunft über spezifische Stärken und Schwächen der deutschen Schulabsolventen. Diese Analysen sind für die konstruktive Nutzung der Ergebnisse von TIMSS besonders wichtig, denn sie geben einen vertieften Einblick in die Struktur des erworbenen Wissens und erlauben Rückschlüsse auf zu Grunde liegende Unterrichtsprozes- se. Diese Analysen fachkundig durchzuführen, ist eine zentrale Aufgabe der einschlägigen Fachdidakti- ken. Die Ergebnisse der bislang durchgeführten Auswertungen lassen sich knapp zusammenfassen:

Deutsche Schulabsolventen sind – vermutlich unterrichts- und weniger lehrplanbedingt – tendenziell mit größeren Schwierigkeiten bei Aufgabenstellungen konfrontiert, die komplexe Operationen, die An- wendung mathematischer oder naturwissenschaftlicher Modellvorstellungen und selbstständiges fachli- ches Argumentieren verlangen. Die relativen Stärken der deutschen Abschlussjahrgänge liegen eher bei der Lösung mathematischer Routineaufgaben und erfahrungsnaher naturwissenschaftlicher Aufgaben, die häufig im Rückgriff auf Alltagswissen und ohne entsprechenden Fachunterricht gelöst werden kön- nen. Zwischen den Lehrplänen, die konzeptuelles Verständnis, die Fähigkeit, elementare Operationen zu verknüpfen, und den Transfer des Gelernten auf neue Zusammenhänge verlangen, und der Umsetzung der Lehrplanvorschriften im Unterricht klafft eine Lücke. Im internationalen Vergleich scheint sie in den Naturwissenschaften größer als in der Mathematik zu sein. Abbildung 3 zeigt zwei mathematische Beispielaufgaben, bei deren Lösung deutsche Schülerinnen und Schüler im Vergleich zu den Altersglei- chen in der Schweiz, in Frankreich und Schweden besondere Schwierigkeiten haben.

**Abbildung 3: Mathematische Beispielaufgaben der Niveaustufe III und IV mit erhöhter relativer Lösungsschwierigkeit für deutsche Schülerinnen und Schüler im Vergleich zur Schweiz, zu Frankreich und Schweden**

A12. Diese beiden Anzeigen sind in einer Zeitung in einem Land erschienen, in dem die Währungseinheit *zeds* ist.

**GEBÄUDE A**

Büroräume zu vermieten

85–95 Quadratmeter  
475 *zeds* pro Monat

100–120 Quadratmeter  
800 *zeds* pro Monat

**GEBÄUDE B**

Büroräume zu vermieten

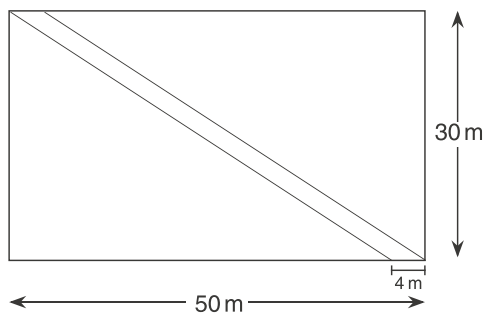
35–260 Quadratmeter  
90 *zeds* pro Quadratmeter  
pro Jahr

Eine Firma ist daran interessiert, ein 110 Quadratmeter großes Büro in diesem Land für zu mieten. In welchem Bürogebäude, A oder B, sollte sie das Büro mieten, um den niedrigen Preis zu bekommen? Wie rechnen Sie?

Relative Lösungshäufigkeit

International: .49 Deutschland: .45 Frankreich: .66 Schweden: .70 Schweiz: .66

B25. Wie aus der Skizze ersichtlich ist, verläuft ein Pfad diagonal durch das rechteckige Feld. Berechnen Sie die Fläche des Feldes OHNE den Pfad. Notieren Sie Ihren Lösungsweg!



Relative Lösungshäufigkeit

International: .38 Deutschland: .29 Frankreich: .44 Schweden: .51 Schweiz: .51

**Sind mathematische und naturwissenschaftliche Literalität für alle erreichbar?**

In der internationalen mathematik- und naturwissenschaftsdidaktischen Literatur zeichnet sich eine gewisse Verständigung über Grundzüge einer wünschenswerten mathematisch-naturwissenschaftlichen Allgemein- und Grundbildung der nachwachsenden Generation ab. Die Hauptaspekte mathematischer und naturwissenschaftlicher Literalität lassen sich mit einer begrenzten Zahl von Kompetenzen beschreiben. Zur mathematischen Grundbildung gehören:

- die Fähigkeit, die Anwendbarkeit mathematischer Konzepte und Modelle auf alltägliche und komplexe Problemstellungen zu erkennen (Dies schließt ausdrücklich das Verständnis der Kosten und der Grenzen mathematischer Modellierung von Sachverhalten ein.),
- die Fähigkeit, die einem Problem zu Grunde liegende mathematische Struktur zu sehen,
- die Fähigkeit, Aufgabenstellungen in geeignete Operationen zu übersetzen und
- ausreichende Kenntnis und Beherrschung von Lösungsroutinen.

Die Grunddimensionen von naturwissenschaftlicher Grundbildung sind danach:

- Vertrautheit mit der natürlichen Welt und Kenntnis ihrer Verschiedenheit und Einheit,
- Verständnis zentraler naturwissenschaftlicher Konzepte und Prinzipien,
- Kenntnis der Interdependenz von Naturwissenschaften und Technik,
- epistemologische Vorstellungen von der konstruktiven Natur der Naturwissenschaften sowie Kenntnis ihrer Stärken und Grenzen,
- Verständnis der Grundzüge naturwissenschaftlichen Denkens,
- Anwendung von naturwissenschaftlichem Wissen auf Sachverhalte des persönlichen und sozialen Lebens und die Entwicklung persönlichen und gesellschaftlichen Verantwortungsbewusstseins.

Wählt man die internationalen fachdidaktischen Vergleichsnormen und die deutschen Lehrplanvorgaben bzw. die einheitlichen Standards des mittleren Abschlusses als Bezugspunkte für die Interpretation der Befunde des internationalen Leistungsvergleichs, so zeigt sich, dass TIMSS/III wichtige und differenzierende Antworten auf offene Fragen der Grundbildungsdiskussion gibt. Zunächst wird deutlich, dass sowohl die internationalen als auch die deutschen Standards die Messlatte für eine wünschenswerte mathematisch-naturwissenschaftliche Grundbildung sehr hoch legen. In vielen Industriestaaten erreicht die Mehrzahl der jungen Erwachsenen im Abschlussjahrgang der Sekundarstufe II die vorgegebene Zielmarke nicht. Auch in Deutschland gibt es eine erhebliche Diskrepanz zwischen den an den Fachunterricht gerichteten normativen Erwartungen und den tatsächlich erreichten Resultaten.

Die TIMSS-Befunde bestätigen in gewisser Weise jene Skeptiker, die generelle Zweifel an der Universalisierbarkeit einer mathematisch-naturwissenschaftlichen Grundbildung auf dem hohen angestrebten Niveau äußern. Gleichzeitig wird diese Skepsis aber auch relativiert. Denn die Resultate zeigen ebenfalls, dass es in einer ganzen Reihe europäischer Industriestaaten gelingt, für nahezu drei Viertel der nachwachsenden Generation mindestens das Niveau funktionaler Literalität und für etwa ein Drittel das Niveau konzeptuellen und prozeduralen Verständnisses zu erreichen und gleichzeitig den Anteil wirklich schwacher Lerner auf ein Minimum zu beschränken.

## Mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildung und der Übergang in den Beruf

Für einen Vergleich von beruflichen Bildungsgängen wurden die in der TIMS-Studie vertretenen betrieblichen und überbetrieblichen Ausbildungsgänge von Experten der Berufsbildungsforschung drei großen Gruppen zugeordnet, zu denen jeweils mathematiknahe, techniknahe und mathematik- und technikferne Bildungsgänge gehören. Die mathematiknahen Bildungsgänge vereinigen kaufmännische Berufe und Ausbildungsgänge im Bereich Wirtschaft und Verwaltung. Den techniknahen Bildungsgängen wurden Metall- und Elektroberufe sowie Bau- und Baunebenberufe zugeordnet. Ausbildungsgänge in den Bereichen Landwirtschaft, Hauswirtschaft, Pflege, Körperpflege usw. wurden zu mathematik- und technikfernen Bildungsgängen zusammengefasst. Die Leistungsvergleiche in den Bereichen mathematischer und naturwissenschaftlicher Grundbildung weisen substanzielle Niveauvorsprünge von mathematik- und techniknahen gegenüber mathematik- und technikfernen Bildungsgängen aus. Die Niveauunterschiede betragen zwischen zwei Drittel und einer Standardabweichung. Mathematik- und techniknahe Bildungsgänge unterscheiden sich nicht signifikant voneinander. Kontrolliert man den allgemeinbildenden Schulabschluss und das Geschlecht der beteiligten Personen, zeigt sich lediglich im Bereich der mathematischen Grundbildung noch ein praktisch bedeutsamer Niveauvorsprung mathematik- und techniknaher Bildungsgänge.

Im Wesentlichen entscheidet der in der Sekundarstufe I besuchte Bildungsgang über das mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildungsniveau von Schülerinnen und Schülern am Ende der Berufsausbildung. Der Berufsschulunterricht kann eine stabilisierende Funktion erfüllen, wenn der jeweilige Fachunterricht positiv erlebt und beurteilt wird. Kompensationsleistungen für in der allgemeinbildenden Schule Versäumtes sind nicht zu erwarten.

Leistungsvergleiche zwischen Berufsgruppen geben deskriptive Auskünfte über Kompetenzniveaus, liefern jedoch keine normativen Zielvorgaben. Die Leistungen am Übergang von der Ausbildung in den Beruf bedürfen der Betrachtung im Kontext von beruflichen Bildungsvorstellungen. Deshalb wurden in einer TIMSS-Zusatzuntersuchung mathematische und naturwissenschaftliche Testaufgaben Berufsschullehrern und Prüfern der Industrie- und Handels- bzw. Handwerkskammern mit der Bitte vorgelegt, die berufliche Relevanz der Aufgaben einzustufen. Die Beurteilungen wurden für kaufmännische, handwerklich-technische und sozialpflegerische Bildungsgänge getrennt vorgenommen.

Nach Meinung der Experten sollten Teilnehmer an beruflichen Bildungsgängen gut drei Viertel aller Aufgaben zur mathematischen Grundbildung mit hinreichender Sicherheit lösen können. Damit liegt die Messlatte der Experten extrem hoch. Derartige Leistungen können einigermaßen sicher nur von Schülerinnen und Schülern erzielt werden, die einen zur Hochschulreife führenden Bildungsgang durchlaufen haben. Dies trifft zum Beispiel für die angehenden Bankkaufleute in der TIMSS-Stichprobe zu, von denen die meisten die allgemeine Hochschulreife besaßen. Auszubildende in kaufmännischen und handwerklich-technischen Berufen lösten die von den Experten eingestufteten Aufgaben im Mittel zu 50 Prozent, Auszubildende in sozialpflegerischen Berufen nur zu 30 Prozent. Im naturwissenschaftlichen Bereich wurden weniger Aufgaben als berufsrelevant eingestuft. Je nach Berufsfeldern lagen die Quoten zwischen 50 und 60 Prozent. Hinsichtlich der Erfolgsquoten ergibt sich allerdings ein vergleichbares Bild.

Insbesondere im Bereich der mathematischen Grundbildung gibt es für die Mehrheit der Auszubildenden eine deutliche Diskrepanz zwischen den Fähigkeiten, die von den Kammern erwartet werden, und den am Ende der Sekundarstufe II tatsächlich erreichten Kompetenzen. Um diesen Befund angemessen zu interpretieren, muss man allerdings auch berücksichtigen, dass sowohl die Berufsschullehrer als auch die Prüfer der Kammern die vorgelegten Aufgaben im Wesentlichen nach stofflichen Oberflächenmerkmalen, nicht aber nach ihren kognitiven Anforderungen – also jenen Merkmalen, die überhaupt erst eine Aussage über das erreichte Niveau mathematischer und naturwissenschaftlicher Grundbildung erlauben – beurteilten. Dies deutet auf unausgesprochene Differenzen in den normativen Bildungsvorstellungen für den allgemeinbildenden und berufsbildenden Bereich hin. Es liegt nahe, darin ein Abstimmungsdefizit zu sehen.

## **Ausbildungsumwelten, Kompetenzerleben, Berufsinteresse und selbstreguliertes Lernen**

Neben dem Erwerb von beruflichen Kompetenzen gilt die Entwicklung einer intrinsisch geprägten motivationalen Orientierung gegenüber dem Ausbildungsberuf als ein weiteres Kriterium für eine erfolgreiche Berufsausbildung. Zwei wichtige motivationale Merkmale sind das Selbstkonzept der beruflichen Befähigung und das Interesse am erlernten oder ausgeübten Beruf. Beide Eigenschaften beeinflussen auch die Bereitschaft zur individuellen Weiterbildung und zum selbstregulierten Lernen. Gerade vor dem Hintergrund einer ständigen Veränderungen unterliegenden Arbeitswelt wird es für Arbeitnehmer immer wichtiger, den sich wandelnden Anforderungsstrukturen im Berufsleben mit der Einstellung zu begegnen, dass Weiterbildungs- und Qualifizierungsprozesse für langfristigen beruflichen Erfolg notwendig sind.



Im Rahmen einer nationalen Zusatzuntersuchung von TIMSS/III wurde untersucht, in welchem Zusammenhang Sozialisationserfahrungen am Ausbildungs- und Lernort, Berufsmotivation, Berufstreue und Weiterbildungsbereitschaft stehen. Drei Merkmale von Ausbildungsumwelten erwiesen sich als besonders wichtig: Auszubildende haben ein höheres Selbstkonzept der beruflichen Befähigung, ausgeprägteres Interesse am Beruf und größere Bereitschaft zu systematischer Weiterbildung, an Ausbildungskontexten, die systematische Kompetenzerfahrungen ermöglichen, Verantwortungsübernahme und damit das Gefühl der Selbstbestimmung zulassen und soziale Einbindung am Arbeitsplatz unter dem Gesichtspunkt der gemeinsamen Meisterung beruflicher Anforderungen erfahrbar machen.

Die am Ende der Schullaufbahn erworbenen mathematischen und naturwissenschaftlichen Kompetenzen sind eine wichtige Komponente moderner, zukunftsfähiger Allgemeinbildung. Darüber hinaus haben sie auch regulative Bedeutung für die Berufswahl und den Übergang in die berufliche Erstausbildung. Hinsichtlich der Entwicklung von Berufsmotivation und der Bereitschaft zur beruflichen Weiterbildung und zum selbstregulierten Lernen ist ihr Einfluss jedoch auch begrenzt. Nach den Ergebnissen von TIMSS entscheiden hierüber eher Berufserfahrungen wie Kompetenzerleben, Verantwortungsübernahme und Selbstbestimmung sowie die soziale Einbindung am Arbeitsplatz.

### **Fachleistungen im voruniversitären Mathematik- und Physikunterricht: Die TIMSS-Tests als Beispiele für curricular valide Testkonstruktion**

Zielpopulation für die TIMSS-Tests im voruniversitären Bereich sind ausschließlich jene Schülerinnen und Schüler, die bis zum Ende ihrer Sekundarschulbildung als Teil ihrer Qualifizierung für einen späteren Hochschulbesuch in Mathematik bzw. Physik unterrichtet wurden. In Deutschland sind dies Schüler der gymnasialen Oberstufe, die entsprechende Grund- oder Leistungskurse besucht haben. Das Testkonzept für die voruniversitäre Mathematik und Physik zielt daher auf fachliche, „akademische“ Kompetenzen und nicht – wie die Tests zur Grundbildung – auf alltagsbezogene Anwendung mathematisch-naturwissenschaftlicher Konzepte.

Nach den Einschätzungen von Lehrplanexperten aller Bundesländer entspricht die Verteilung der voruniversitären Mathematik- und Physikaufgaben auf unterschiedliche Anforderungsstufen in etwa derjenigen im Abitur. Wichtiger noch ist, dass die Experten die curriculare Validität der TIMSS-Aufgaben bestätigten. Für jede Testaufgabe und jedes Bundesland wurde – jeweils für Grund- und Leistungskurse getrennt – gefragt, ob der Lehrstoff, der hier geprüft wird, Gegenstand des Curriculums sei. Die Antwort fiel sowohl in der Mathematik als auch in der Physik in über 90 Prozent der Fälle positiv aus. Zusätzlich wurde gefragt, wann das entsprechende Thema erstmals eingeführt wird, und in der Mathematik haben wir eigens die Lehrpläne der Jahrgangsstufe 13 (aus allen Ländern, die eine 13. Jahrgangsstufe vorsehen) mit den Anforderungen des TIMSS-Tests verglichen. Es zeigte sich, dass TIMSS auch den Lehrstoff einbezogen hat, der in Deutschland im gymnasialen Abschlussjahrgang behandelt werden soll. Die Lehrer der Testschulen sagten in etwa 80 Prozent der Fälle, dass der Lehrstoff von TIMSS-Aufgaben auch im Unterricht behandelt würde. Dieser Wert dokumentiert eine hohe Unterrichtsvalidität der Tests. Die Diskrepanz zu den etwa 10 Prozentpunkte höheren Angaben der Lehrplanexperten zeigt jedoch, dass curriculare Richtlinien an den Schulen nicht voll umgesetzt werden.

Die Diskrepanz zwischen Lehrplan und Unterricht betrifft insbesondere die Grundkurse: In der Mathematik überwiegen Stoffe aus der Analysis, obwohl laut Lehrplan Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik höhere Bedeutung besitzen sollten. In der Physik behandeln Grundkurse – entgegen dem Lehrplan – eher selten alltagsbezogene Fragestellungen.

## Die Struktur mathematischer Kompetenz

Die mit dem voruniversitären Mathematiktest erfassten Kompetenzen lassen sich auf einer homogenen Leistungsskala darstellen. Um die Testergebnisse didaktisch nutzbar zu machen, haben wir – wie schon beim Grundbildungstest – Kompetenzstufen definiert und diesen charakteristische Markieritems zugeordnet, die anschaulich verdeutlichen, welche mathematischen Operationen eine Person, die eine Kompetenzstufe erreicht hat, mit hinreichender Sicherheit durchführen kann. Die Analyse der Markieritems bestätigt die theoretische Annahme der Testkonstruktion. Beim TIMSS-Test zur voruniversitären Mathematik handelt es sich um einen fachbezogenen Leistungstest, der erfasst, welches Niveau mathematischer Begriffe, Verfahren und Konzepte der Bearbeiter beherrscht. Auf der untersten Kompetenzstufe ist lediglich intuitives Schlussfolgern unter Verwendung elementarer arithmetischer Operationen möglich. Auf der zweiten Kompetenzstufe wird fachliches Wissen und Können demonstriert, das jedoch im Bereich der Lerninhalte der Sekundarstufe I verbleibt. Erst mit der dritten Kompetenzstufe, also deutlich oberhalb des internationalen Mittelwertes, ist die Fähigkeit gegeben, typische Aufgabenstellungen der Oberstufenmathematik zu bewältigen. Stufe 3 und Stufe 4 unterscheiden sich darin, dass auf der dritten Kompetenzstufe lediglich Standardaufgaben der Oberstufenmathematik gelöst werden können, während das oberste Fähigkeitsniveau auch selbstständiges Problemlösen, Argumentieren und das Verknüpfen zwischen formal-algebraischen und anschaulich-geometrischen Repräsentationen beinhaltet. Die Abbildungen 4 und 5 positionieren Beispielitems, die den Sachgebieten Statistik und Analysis entnommen sind, auf der mathematischen Fähigkeitsskala. Gemeinsam mit anderen Markieritems, die hier nicht wiedergegeben werden können, lassen sie die folgende Interpretation der Kompetenzniveaus zu.

### Stufe 1 (Testwert 400): Elementares Schlussfolgern

Zur Interpretation des Diagramms in Beispielaufgabe J12 ist noch kein exaktes mathematisches Wissen erforderlich; es genügt die intuitive Abschätzung eines Durchschnittswertes. Wer nur die unterste Kompetenzstufe erreicht, kommt über derartiges elementares Schlussfolgern nicht hinaus.

### Stufe 2 (Testwert 500): Anwendung einfacher mathematischer Begriffe und Regeln

Auch die zweite Beispielaufgabe aus der Statistik (L15), ist ohne Konzepte der Oberstufenmathematik lösbar. Sie setzt allerdings das Konzept der linearen Funktion voraus, das in der Mittelstufe eingeführt wird. Beispielaufgabe K3, die im weiteren Sinne dem Sachgebiet Analysis zugehört, setzt lediglich voraus, dass man Geschwindigkeits-Zeit-Graphen kennt und den Begriff „Beschleunigung“ mit der Steigung dieses Graphen verbindet – auch dies sind Konzepte, die noch in der Mittelstufe oder zu Beginn der Oberstufe vermittelt werden.

### Stufe 3 (Testwert 600): Anwendung von Lerninhalten der Oberstufe

Erst auf dieser Kompetenzstufe werden typische Standardaufgaben der Oberstufenmathematik mit hinreichender Sicherheit gelöst. Hierzu gehören Kurvendiskussionen (siehe Beispielaufgabe K5) und die Bestimmung der Summe einer geometrischen Reihe, die häufig im Unterricht behandelt wird (L5).

### Stufe 4 (Testwert 700): Selbstständiges Problemlösen auf Oberstufenniveau

Um in Beispielaufgabe K4 den Grenzwert zu bestimmen, kann man unterschiedliche Wege beschreiten, zum Beispiel die binomische Formel anwenden oder die Ableitung der Wurzel aus  $x$  verwenden. Für den Bearbeiter bedeutet dies, dass er einen eigenen Lösungsweg finden und dabei kreativ sein Wissen aus unterschiedlichen Bereichen der Mathematik einsetzen muss.

Abbildung 4: Beispielaufgaben zur voruniversitären Mathematik, Teilgebiet Statistik

Fähigkeit

700

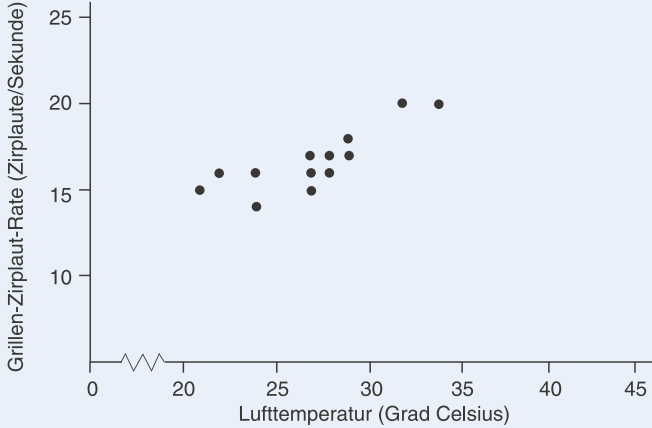
600

500

400

300

**Aufgabe L15**  
 Wissenschaftler haben beobachtet, daß Grillen ihre Flügel bei warmen Temperaturen schneller bewegen als bei kalten. Durch Abhören des Zirpens der Grillen ist es möglich, die Lufttemperatur zu schätzen. Untenstehender Graph zeigt 13 Beobachtungen von Zirplauten pro Sekunde und die entsprechende Lufttemperatur.



a) Zeichnen Sie in den Graphen eine geschätzte Gerade, die diese Daten am besten annähert.  
 b) Schätzen Sie mit Hilfe Ihrer Geraden die Lufttemperatur, wenn ein Zirpen von 22 Zirplauten pro Sekunde zu hören ist.  
 Geschätzte Lufttemperatur: \_\_\_\_\_

498  
(0,64 / 0,70)

Fähigkeit

700

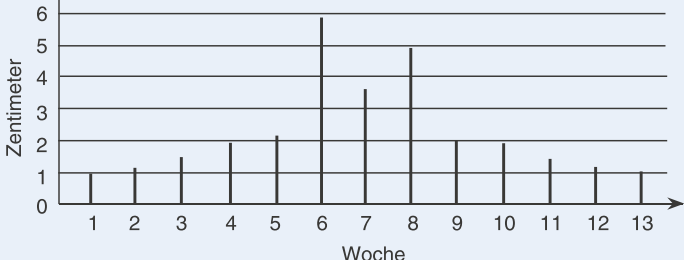
600

500

400

300

**Aufgabe J12**  
 Wöchentliche Niederschläge



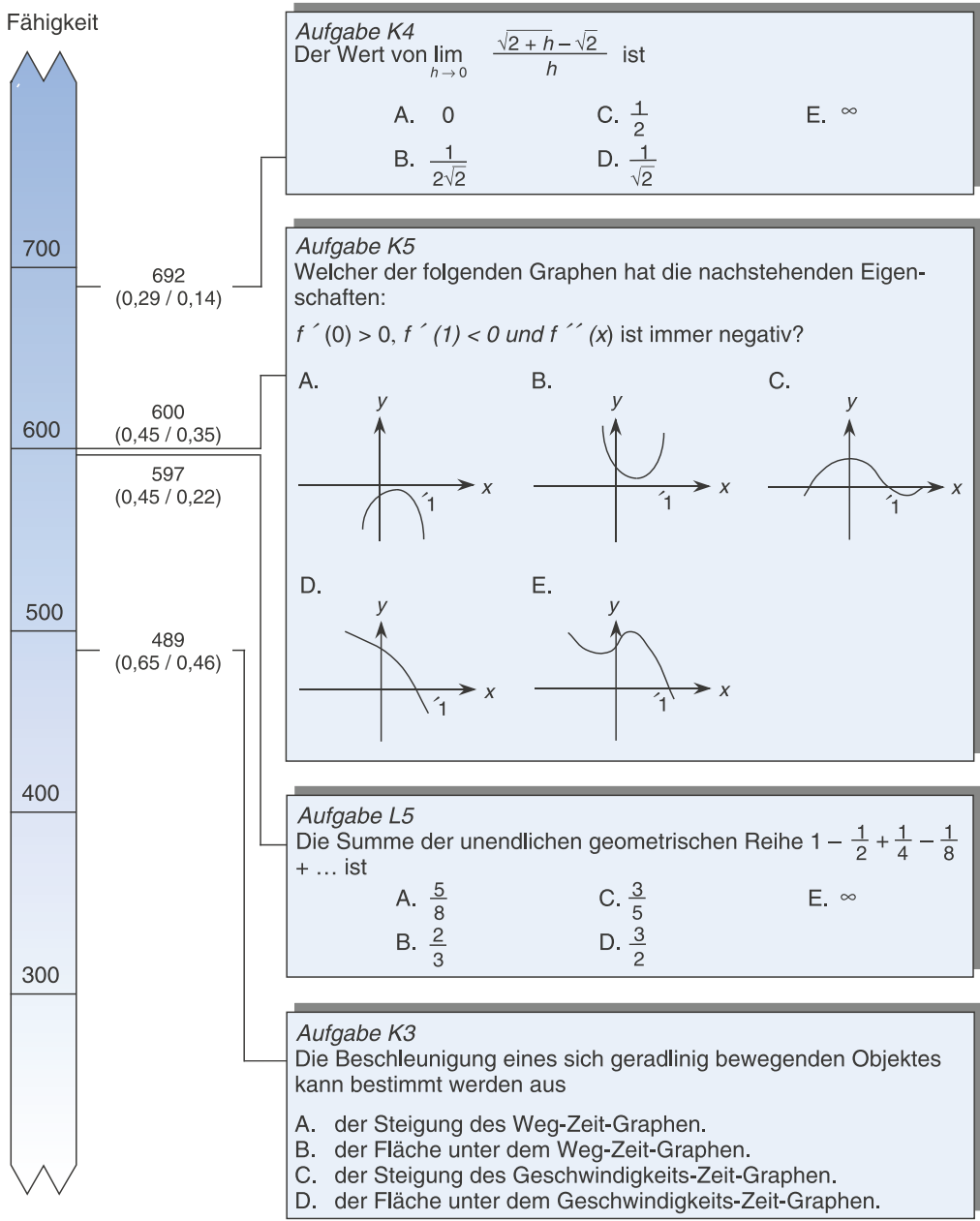
Im Graphen sind die Niederschläge (in Zentimetern) für 13 Wochen aufgetragen. Der durchschnittliche wöchentliche Niederschlag während dieser Zeit beträgt ungefähr

A. 1 Zentimeter      C. 3 Zentimeter      E. 5 Zentimeter  
 B. 2 Zentimeter      D. 4 Zentimeter

383  
(0,82 / 0,87)

Die Werte an den Verbindungslinien zwischen den Beispielen und der Fähigkeitssäule geben das für eine 65-prozentige Lösungswahrscheinlichkeit erforderliche Fähigkeitsniveau und die Werte in Klammern die relativen internationalen und deutschen Lösungshäufigkeiten an.

Abbildung 5: Beispielaufgaben zur voruniversitären Mathematik, Teilgebiet Analysis



Die Werte an den Verbindungslinien zwischen den Beispielen und der Fähigkeitsssäule geben das für eine 65-prozentige Lösungswahrscheinlichkeit erforderliche Fähigkeitsniveau und die Werte in Klammern die relativen internationalen und deutschen Lösungshäufigkeiten an.

## Struktur physikalischer Kompetenz

Der TIMSS-Test zur voruniversitären Physik enthält im Vergleich zum Mathematiktest eine größere Zahl schwieriger Aufgaben. Dementsprechend werden die Kompetenzstufen, die anhand charakteristischer Items unterschieden werden, auch etwas höher angesetzt. Ferner ist es möglich, ein fünftes Kompetenzniveau zu bestimmen. Die Analyse der Markieritems bestätigt wiederum die grundlegenden Konstrukthypothesen der Testautoren: Wer hohe Testresultate erreicht, demonstriert damit die Fähigkeit zur Anwendung physikalischer Gesetze, zur Interpretation experimenteller Phänomene und schließlich zur selbstständigen fachlichen Argumentation. Weniger deutlich als im Bereich der voruniversitären Mathematik ist die Koppelung guter Testresultate an spezifische Wissens Elemente des Oberstufenunterrichts. Eine Reihe durchaus schwieriger Physikaufgaben baut auf Lerninhalten der Mittelstufe auf, stellt aber besonders hohe Anforderungen an das problemlösende Denken und an das qualitative Verständnis physikalischer Konzepte. Insbesondere die Identifizierung der Niveaustufe „Überwinden von Fehlvorstellungen“ als höchste Stufe der physikalischen Kompetenz ist fachdidaktisch von großem Wert. TIMSS bestätigt damit die Bedeutung, die in der heutigen Physikdidaktik einem „konzeptuellen Wechsel“ von Alltagskonzepten zu fachlich korrekten Konzepten beigemessen wird. Anhand der Markieritems lassen sich wiederum die Kompetenzstufen beschreiben.

### **Stufe 1 (Testwert 450): Lösen von Routineaufgaben mit Mittelstufenwissen**

Das unterste Kompetenzniveau indiziert einen erfolgreichen Umgang mit Standardstoffen der Mittelstufe. Beispielaufgabe E5 beispielsweise ist eine typische Aufgabe zum „freien Fall“.

### **Stufe 2 (Testwert 550): Anwendung von Faktenwissen zur Erklärung einfacher Phänomene der Oberstufenphysik**

Die beiden Aufgaben, die für diese zweite Kompetenzstufe charakteristisch sind, beinhalten Themen der Teilchenphysik und damit des Oberstufenunterrichts. Zur Lösung sind allerdings nur relativ einfache Faktenkenntnisse erforderlich, beispielsweise das Wissen, dass im Inneren von Sternen Kernfusionen stattfinden.

### **Stufe 3 (Testwert 650): Anwendung physikalischer Gesetze zur Erklärung experimenteller Effekte auf Oberstufenniveau**

Mit dieser Kompetenzstufe wird ein Kern physikalischer Kompetenz erreicht, nämlich die Kenntnis physikalischer Gesetze und klassischer Experimente, auf die jene Gesetze zutreffen. Hierzu gehören der Impulserhaltungssatz (Beispielaufgabe G12), die Bewegungsgesetze der schiefen Ebene (H1), das Gay-Lussacsche Gesetz, die Grundgleichungen des Elektromagnetismus und das Rutherford'sche Experiment aus der Teilchenphysik.

### **Stufe 4 (Testwert 750): Selbstständiges fachliches Argumentieren und Problemlösen**

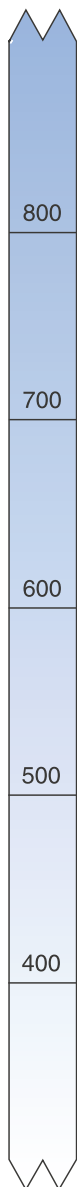
Auf dieser Kompetenzstufe werden auch offene Fragestellungen zur Oberstufenphysik, die eigenständige Lösungsansätze und zum Teil divergente Denkprozesse erfordern, mit hinreichender Sicherheit gelöst. Beispielsweise muss ein Experiment konzipiert oder die Bahn von Teilchen in einem elektrischen Feld skizziert werden.

### **Stufe 5 (Testwert 850): Überwinden von Fehlvorstellungen**

Die fachdidaktische Forschung hat nachgewiesen, dass alltagsgebundene Fehlvorstellungen auch bei fortgeschrittenen Lernern oft anzutreffen sind. So wird häufig die Richtung der Beschleunigung eines Objekts mit dessen Bewegungsrichtung verwechselt (vgl. Beispielaufgabe G15, in der Pfeile nach unten einzuzeichnen sind). Interessanterweise kennzeichnet die Überwindung solcher Fehlvorstellungen das höchste Kompetenzniveau der voruniversitären Physik.

Abbildung 6a: Beispielaufgaben zur voruniversitären Physik, Teilgebiet Mechanik

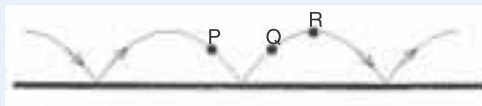
Fähigkeit



840  
(0,16 / 0,07)

**Aufgabe G15**

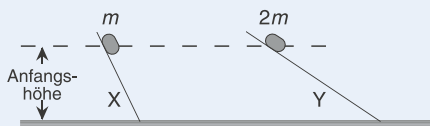
Die Abbildung zeigt die Bewegung eines Balls, der bei vernachlässigtem Luftwiderstand auf dem Boden springt.



Zeichnen Sie Pfeile in die Abbildung ein, die die Richtung der Beschleunigung des Balls in den Punkten P, Q und R angeben.

**Aufgabe H1**

Zwei Kästen der Massen  $m$  und  $2m$  gleiten die schiefen Ebenen X bzw. Y hinab. Sie starten aus dem Ruhezustand in derselben Höhe. Die beiden Ebenen sind unterschiedlich stark geneigt und weisen eine zu vernachlässigende Reibung auf.



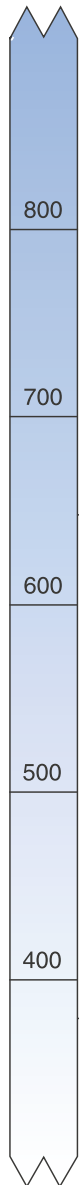
650  
(0,39 / 0,24)

Welche der folgenden Aussagen ist NICHT richtig?

- A. Am oberen Ende der Ebenen hat einer der Kästen eine halb so große potentielle Energie wie der andere.
- B. Die Kästen haben am unteren Ende der schiefen Ebenen dieselben Geschwindigkeiten.
- C. Die Kästen benötigen dieselbe Zeit, um das untere Ende der schiefen Ebenen zu erreichen.
- D. Der Kasten auf der Ebene X erfährt eine höhere Beschleunigung als der Kasten auf der Ebene Y.

Die Werte an den Verbindungslinien zwischen den Beispielen und der Fähigkeitssäule geben das für eine 65-prozentige Lösungswahrscheinlichkeit erforderliche Fähigkeitsniveau und die Werte in Klammern die relativen internationalen und deutschen Lösungshäufigkeiten an.

Fähigkeit



800

700

600

500

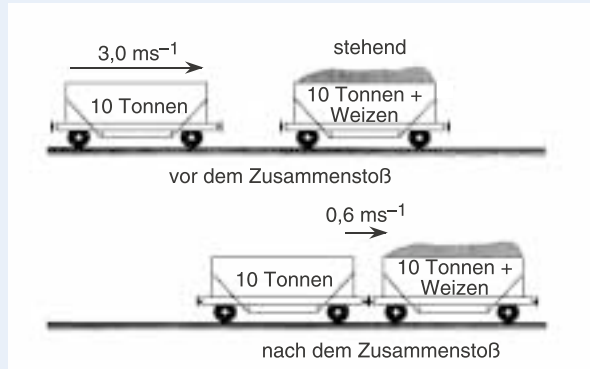
400

647  
(0,36 / 0,24)

380  
(0,79 / 0,75)

**Aufgabe G12**

Ein leerer Eisenbahnwagen mit einer Masse von 10 Tonnen ( $1,0 \times 10^4$  kg) fährt mit der Geschwindigkeit  $3,0 \text{ ms}^{-1}$ . Er prallt auf einen identischen stehenden Wagen, der mit Weizen beladen ist. Während des Zusammenstoßes koppeln die beiden Wagen an und bewegen sich gemeinsam mit der Geschwindigkeit  $0,6 \text{ ms}^{-1}$ . Die Situationen vor und nach dem Zusammenstoß sind in den Abbildungen unten dargestellt.



Benutzen Sie diese Informationen, um die Masse des Weizens im beladenen Wagen zu berechnen. Schreiben Sie alle Ihre Arbeitsschritte auf.

**Aufgabe E5**

Ein Stein wird aus dem Ruhezustand in einen tiefen Schacht fallen gelassen. Nach 2 s schlägt er auf dem Boden auf.

Wie tief ist der Schacht? Der Einfluß des Luftwiderstands auf den fallenden Stein kann vernachlässigt werden. Rechnen Sie mit der Fallbeschleunigung  $g = 9,8 \text{ ms}^{-2}$ .

- A. 4,9 m
- B. 9,8 m
- C. 19,6 m
- D. 39,2 m
- E. 78,4 m

Die Werte an den Verbindungslinien zwischen den Beispielen und der Fähigkeitssäule geben das für eine 65-prozentige Lösungswahrscheinlichkeit erforderliche Fähigkeitsniveau und die Werte in Klammern die relativen internationalen und deutschen Lösungshäufigkeiten an.

## **Expansion voruniversitärer Bildungsgänge und Fachleistungen im Mathematik- und Physikunterricht: Zahlt sich Selektivität im Zugang zu Bildungswegen, die zur Hochschulreife führen, aus?**

Der relative Besuch voruniversitärer Bildungswege in den an TIMSS/III teilnehmenden Ländern variiert beträchtlich. Die internationalen Beteiligungsquoten an voruniversitären Bildungsprogrammen liegen zwischen 18 und 80 Prozent der einschlägigen Alterskohorte bei einem Mittelwert von 44 Prozent. Deutschland befindet sich mit einem relativen Besuch der gymnasialen Oberstufe von 25 Prozent der Alterskohorte ähnlich wie die anderen deutschsprachigen Länder am unteren Rand der Verteilung.

Infolge der internen Differenzierung und Wahlmöglichkeiten auf der voruniversitären Ebene gibt der relative Besuch dieser Bildungsgänge nur eingeschränkt Auskunft über die Teilnahmequoten am voruniversitären Mathematik- oder Physikunterricht. Die Teilnahmequoten können in beiden Fächern erheblich schwanken. Deutschland hat für den Mathematikunterricht mit 25 Prozent eine hohe Beteiligungsrate, die nur in Österreich mit 33 Prozent und Slowenien mit 75 Prozent übertroffen wird. Mit einer Teilnahmequote am Physikunterricht von 9 Prozent der Altersgruppe liegt Deutschland dagegen unter dem internationalen Durchschnitt.

Die Öffnung voruniversitärer Bildungsgänge ist nicht nur in Deutschland, sondern auch in anderen Ländern immer wieder strittig. Skeptiker befürchten ein generelles Sinken des Anspruchsniveaus und insbesondere eine Beeinträchtigung möglicher Spitzenleistungen. Befürworter sehen in der hohen Beteiligung an diesen Bildungsprogrammen einen Indikator für die kognitive Mobilisierung der nachwachsenden Generation und die Anpassungsfähigkeit eines modernen Schulsystems an die Bedürfnisse einer sich schnell verändernden Wissensgesellschaft. In den früheren internationalen Leistungsvergleichen, die den akademischen Bereich der Sekundarstufe II einbezogen haben, wurde deshalb regelmäßig auch nach dem Zusammenhang zwischen Selektivität der akademischen Programme und dem erreichten Leistungsniveau gefragt. Erwartungsgemäß fand man immer negative Korrelationen zwischen Teilnahmequote und mittlerem Leistungsniveau. Betrachtete man jedoch allein die Leistungsspitze eines Jahrgangs – etwa die 1 oder 5 Prozent testleistungsstärksten Untersuchungsteilnehmer –, war ein Zusammenhang nicht mehr nachweisbar. Dieser Befund wurde als Hinweis darauf interpretiert, dass ein Ausbau der zur Hochschule führenden Bildungswege Spitzenleistungen nicht beeinträchtigt.

**Die statistischen Prüfungen ergeben für TIMSS/III ein klares Bild: Mit abnehmender Selektivität der voruniversitären Mathematik- und Physikkurse sinken die mittleren Fachleistungen, ohne dass die Ergebnisse der Leistungsspitze beeinträchtigt würden. Im Gegenteil: Es deuten sich positive Auswirkungen einer verbreiterten Basis für die Erzielung von Spitzenleistungen an. Mit der Öffnung vorakademischer Bildungsgänge werden offensichtlich neue Ressourcen erschlossen, die eine verbesserte interne Lenkung und Auswahl mit positiven Auswirkungen selbst für Spitzenleistungen ermöglichen.**



## Welche mathematischen und physikalischen Kompetenzniveaus erreichen Schülerinnen und Schüler der gymnasialen Oberstufe und wo liegen ihre spezifischen Stärken und Schwächen?

Aus methodischen Gründen und Gründen der Fairness wurden multiple Vergleiche unter Berücksichtigung unterschiedlicher Jahrganganteile durchgeführt. Auch Variationen der Unterrichtszeit, die für den Mathematikunterricht in der Oberstufe zur Verfügung steht, wurden in Rechnung gestellt. Die Befunde sind konsistent: Die Leistungen deutscher Schüler liegen im unteren Mittelbereich. Dies gilt auch für den Vergleich der Gruppe der leistungsstärksten Schüler. Bei den Unterschieden zur Schweiz, zu Frankreich, Schweden oder Slowenien handelt es sich um qualitative Niveausprünge mit praktischer Bedeutung. In paarweisen Vergleichen ausgewählter Länder wurden diese Befunde vertieft. Aus den Einzelvergleichen geht hervor, dass Exzellenz in ganz unterschiedlicher organisatorischer Form erreicht werden kann. Erfolgreiche Programme teilen jedoch eine Gemeinsamkeit: Sie sind klar strukturiert und stellen die Kontinuität des Lernens sicher.

Neben der allgemeinen Information über die Positionierung deutscher Schüler im internationalen Vergleich ist es wichtig, zu wissen, in welchen Bereichen des mathematischen und naturwissenschaftlichen Denkens die Leistungen unserer Schüler besonders stark vom internationalen Mittel oder den Werten anderer ausgewählter Länder abweichen – wo also ihre spezifischen Stärken und Schwächen liegen. Deshalb wurden mit methodisch aufwendigeren Verfahren die Lösungen ausgewählter Testaufgaben, deren Anforderungsmerkmale bekannt sind, mit Ergebnissen aus Österreich, der Schweiz, Frankreich und Schweden verglichen. Die so genannten differenziellen Itemanalysen zeigen, dass für Abiturienten in Deutschland die relative Aufgabenschwierigkeit zunimmt, wenn diese die Aufgaben Kompetenzstufen zuzuordnen sind. Ein Blick auf die Verteilung der 10 Prozent leistungsstärksten Oberstufenschüler auf die unterschiedlichen Kompetenzniveaus macht dieses Ergebnis anschaulich.

**Tabelle 3: Schüler nach Fähigkeitsniveau im Bereich voruniversitärer Mathematik und ausgewählten Ländern bei normiertem Mathematics TIMSS Coverage Index<sup>1</sup> (MTCI = 10 %) (Spaltenprozent)**

Fähigkeitsniveau	Deutschland	Frankreich	Slowenien	Schweden	Schweiz
Elementares Schlussfolgern	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Anwendung einfacher Konzepte und Regeln	25,7	0,0	0,0	12,0	11,0
Anwendung von Lerninhalten der Oberstufe	63,0	69,8	30,7	65,6	60,4
Selbstständiges Problemlösen	11,3	30,2	69,3	22,4	28,6
Insgesamt	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

<sup>1</sup> Der TIMSS Coverage Index gibt den Anteil des mittleren Altersjahrgangs der 15- bis 19-Jährigen an, auf den sich die Verteilungsangaben beziehen.

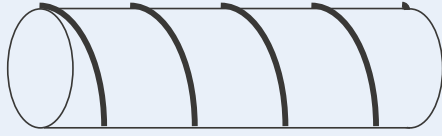
Der bedenkliche Befund lautet also: Je anspruchsvoller eine Aufgabe ist, umso mehr fallen die deutschen Abiturienten hinter Schülern anderer europäischer Länder zurück.

Die von Experten eingeschätzten Anforderungsmerkmale erlauben detaillierte Angaben zu den Hintergründen: Die Ergebnisse sind umso ungünstiger, je mehr konzeptuelle Kenntnisse und qualitatives Verständnis gefordert werden, je höher in den Jahrgangsstufen die Wissensanforderungen sind, je stärker arithmetische und algebraische Fertigkeiten verlangt werden. Die relativen Schwächen der deutschen Oberstufenschüler liegen demnach sowohl im Bereich des konzeptuellen als auch des prozeduralen mathematischen Wissens. Aber auch bei Aufgaben, die Anforderungen an mathematische Modellierung, Übersetzungsleistungen und Problemlösen betreffen, zeigen sich tendenziell Schwächen deutscher Schüler. Relative Stärken sind lediglich bei Aufgaben zu verzeichnen, in denen graphische Darstellungen mit Koordinatensystemen interpretiert werden müssen bzw. bei denen bildliches Denken bedeutsam ist. Im Umgang mit visuellen Repräsentationen – und nur hier – scheint eine Stärke des deutschen Mathematikunterrichts zu liegen.

Abbildung 7 zeigt eine Beispielaufgabe, deren Lösung Schülerinnen und Schüler der gymnasialen Oberstufe im internationalen Vergleich besonders schwer fällt.

**Abbildung 7: Beispielaufgaben zur voruniversitären Mathematik, Teilgebiet Elementargeometrie**

**Aufgabe K14**  
Eine Schnur ist symmetrisch um einen zylindrischen Stab gewickelt. Die Schnur windet sich genau 4mal um den Stab. Der Umfang des Stabs beträgt 4 cm und seine Länge 12 cm.



Bestimmen Sie die Länge der Schnur. Schreiben Sie **alle** Ihre Arbeitsschritte auf.

IEA. Third International Mathematics and Science Study.

© TIMSS/III-Germany

Der internationale Vergleich der Physikleistungen ergibt für Deutschland ähnliche Ergebnisse, wie sie für Mathematik erzielt worden sind. Ein erster Schritt eines fairen Vergleichs ist die Gegenüberstellung der testleistungsstärksten 10 Prozent der Alterskohorte. Bei diesem Vergleich liegen die Physikleistungen deutscher Schüler mit denen aus Österreich, der Schweiz, Kanada und Frankreich in einem breiten mittleren Bereich. Der Abstand zu den beiden Spitzenreitern Slowenien und Schweden ist mit über einer Standardabweichung sehr groß. Eine solche Differenz signalisiert einen qualitativen Sprung im Leistungsniveau. Vergleicht man in einem zweiten Schritt die 5 Prozent testleistungsbesten Schüler der Alterskohorte – in Deutschland sind dies überwiegend Schüler des Physikleistungskurses –, ändert sich am Gesamtbild wenig, allerdings liegen die Testleistungen der deutschen Schüler jetzt im oberen Bereich des Mittelfelds.

Unter den vertiefenden Einzelvergleichen ist insbesondere der Blick auf Norwegen und Schweden lehrreich. Norwegen und Schweden haben gleichermaßen ein Gesamtschulsystem mit differenzierter Oberstufe eingerichtet. In der Sekundarstufe II werden unterschiedliche Programme, die zur Hochschulreife und/oder zum Übergang in den Beruf führen, als Wahlmöglichkeiten angeboten. In die TIMSS-Untersuchung zum voruniversitären Physikunterricht hat Schweden die Teilnehmer am naturwissen-

schaftlichen und technologischen Programm einbezogen, das einen deutlichen Akzent auf die naturwissenschaftliche Ausbildung legt. Norwegen rechnet zur Zielpopulation jene Schülerinnen und Schüler des allgemeinen akademischen Programms, die innerhalb dieses Bildungsgangs einen dreijährigen Physikursus belegt haben. In Schweden haben sich 16 Prozent der Alterskohorte in die beiden naturwissenschaftlich ausgerichteten Programme eingeschrieben; in Deutschland besuchen rund 9 Prozent einen Physikgrund- oder -leistungskurs. Dennoch erreichen die schwedischen Abiturienten bei nur geringfügig höherer Unterrichtszeit bereits in der Gesamtstichprobe ein Leistungsergebnis im Physiktest, das mehr als eine halbe Standardabweichung über den deutschen Befunden liegt. Bei einem Vergleich äquivalenter Jahrgangsteile erhöht sich die Differenz auf mehr als eine Standardabweichung. Dies ist ein sehr großer Unterschied mit hoher praktischer Bedeutung.

Im Vergleich zu Norwegen, das einen ähnlichen Jahrgangsteil wie das deutsche Gymnasium in den Physikursen unterrichtet, liegen die deutschen Abiturienten zwei Drittel Standardabweichungen zurück. Unterschiede dieser Größenordnung stehen für einen qualitativen Sprung im physikalischen Verständnis. Schweden und Norwegen sind gute Beispiele für die Tatsache, dass man in einem Gesamtschulsystem mit differenzierter Oberstufe, in dem für inhaltliche Konsistenz von Programmen und Kontinuität des Lernens gesorgt wird, Spitzenleistungen erreichen kann, die weit über dem Niveau gymnasialer Leistungskurse liegen. Dass für solche Leistungsergebnisse die Spezifität der curricularen Programme von ganz erheblicher Bedeutung sein dürfte, zeigt der intraschwedische Vergleich zwischen den Mathematik- und Physikleistungen von Besuchern desselben Oberstufenprogramms. Die beiden naturwissenschaftlichen und technologischen Programme der schwedischen Sekundarstufe II sind – im Unterschied etwa zum mathematisch-naturwissenschaftlichen Zug des Lycée d’Enseignement Général in Frankreich – klar naturwissenschaftlich und nicht primär mathematisch orientierte Bildungsgänge. Dies bildet sich erwartungsgemäß in den internationalen Leistungsbefunden ab. Schweden erreicht überragende Ergebnisse in Physik und leicht überdurchschnittliche Resultate in Mathematik. Ein Blick auf die Verteilung der Schülerinnen und Schüler auf die definierten Kompetenzniveaus veranschaulicht diese Befunde (Tabelle 4).

**Tabelle 4: Schüler nach Fähigkeitsniveau im Bereich voruniversitärer Physik und ausgewählten Ländern bei normiertem Physics TIMSS Coverage Index<sup>1</sup> (PTCI = 10 %) (Spaltenprozent)**

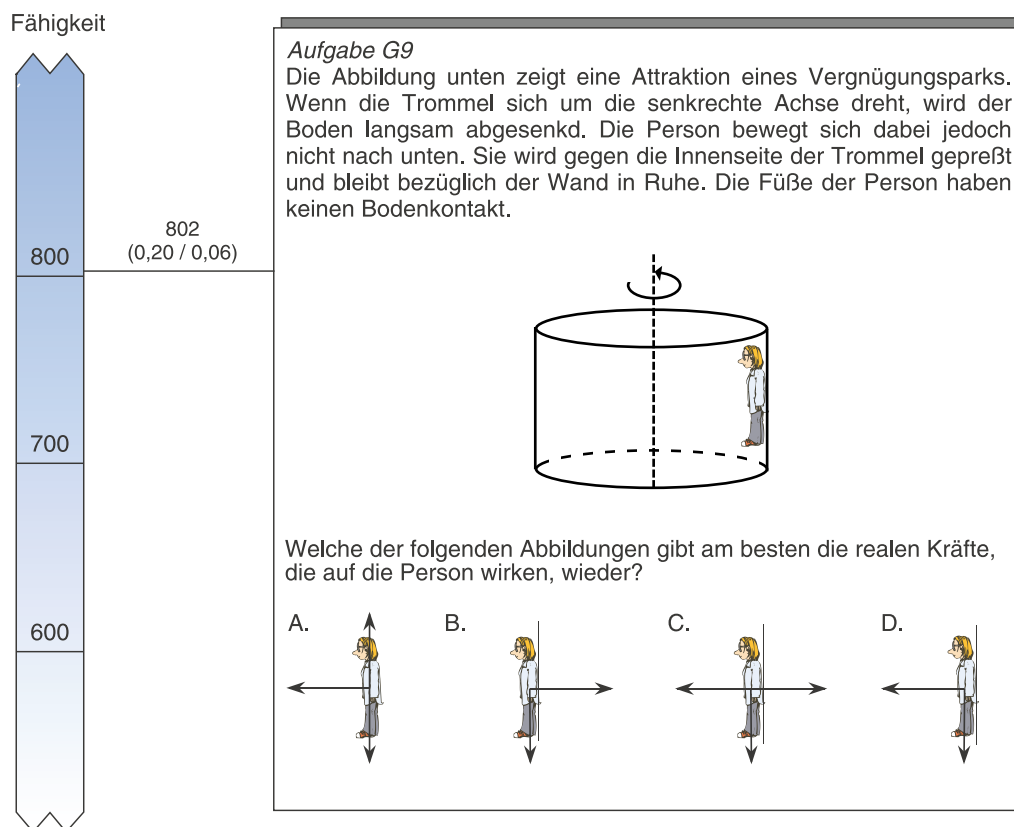
Fähigkeitsniveau	Deutschland	Norwegen	Schweden	Slowenien
Elementares Wissen	21,0	7,6	0,0	0,0
Erklären von Phänomenen	43,2	29,2	3,5	0,0
Anwendung von Lerninhalten der Oberstufe	28,3	38,1	64,9	56,0
Selbstständige fachliche Argumentation	6,8	22,8	27,9	39,5
Überwinden von Fehlvorstellungen	0,7	2,4	3,7	4,5
Insgesamt	100,0	100,0	100,0	100,0

<sup>1</sup> Der TIMSS Coverage Index gibt den Anteil des mittleren Altersjahrgangs der 15- bis 19-Jährigen an, auf den sich die Verteilungsangaben beziehen.

Ähnlich wie im Bereich der voruniversitären Mathematik wurde auch für die Physik nach Stärken und Schwächen des von deutschen Schülerinnen und Schülern erreichten Fachverständnisses gefragt. Als Vergleichsländer wurden wiederum Österreich, die Schweiz, Frankreich und Schweden herangezogen. Die Aufgabenanalysen zeigen über alle Vergleichsländer hinweg vor allem zwei Besonderheiten des Leistungsprofils der deutschen Schüler: Die deutschen Abiturienten tun sich besonders schwer mit Aufgaben, die die Überwindung typischer Fehlvorstellungen verlangen oder besondere konzeptuelle Kenntnisse voraussetzen. Vergleichsweise erfolgreich sind sie hingegen bei offenen Aufgabenformaten. Abbildung 8 gibt eine Beispielaufgabe wieder, bei deren Lösung Schülerinnen und Schüler der gymnasialen Oberstufe, die einen Physikgrund- oder -leistungskurs besuchen, allergrößte Schwierigkeiten haben.

Diese Befunde lassen vermuten, dass es der Fachdidaktik in Deutschland nicht gelungen ist, ihre intensiven Forschungen über Schülervorstellungen in die Unterrichtspraxis hinein zu vermitteln. In keinem der vier Vergleichsländer wirken sich Alltagsvorstellungen so stark negativ aus wie in Deutschland. Im Vergleich zu einzelnen Referenzländern lässt sich auch bei weiteren Anforderungsmerkmalen, die mit einem qualitativen Verständnis physikalischer Konzepte und Symbole verknüpft sind, ein Leistungstief der deutschen Schüler feststellen. Die (relative) Stärke der deutschen Oberstufenschüler liegt dagegen im formal-quantitativen Umgang mit Physik.

Abbildung 8: Beispielaufgaben zu Fehlvorstellungen in der Mechanik



## Unterrichtsqualität und Zielerreichung im Mathematik- und Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe

Die praktische Bedeutung der bisher berichteten Befunde zu den erreichten Kompetenzen im Physik- und Mathematikunterricht der gymnasialen Oberstufe ist unübersehbar, wenn man einen Blick auf die Unterrichtsführung in diesen Fächern wirft. Ein wichtiger Bereich der TIMSS/III-Analysen widmet sich der didaktischen Gestaltung des Mathematik- und Physikunterrichts in der gymnasialen Oberstufe und der Frage, ob unterschiedliche Zielsetzungen der Schule etwa kognitiver oder motivationaler Art miteinander verträglich sind und zur gleichen Zeit gleich gut erreicht werden können.

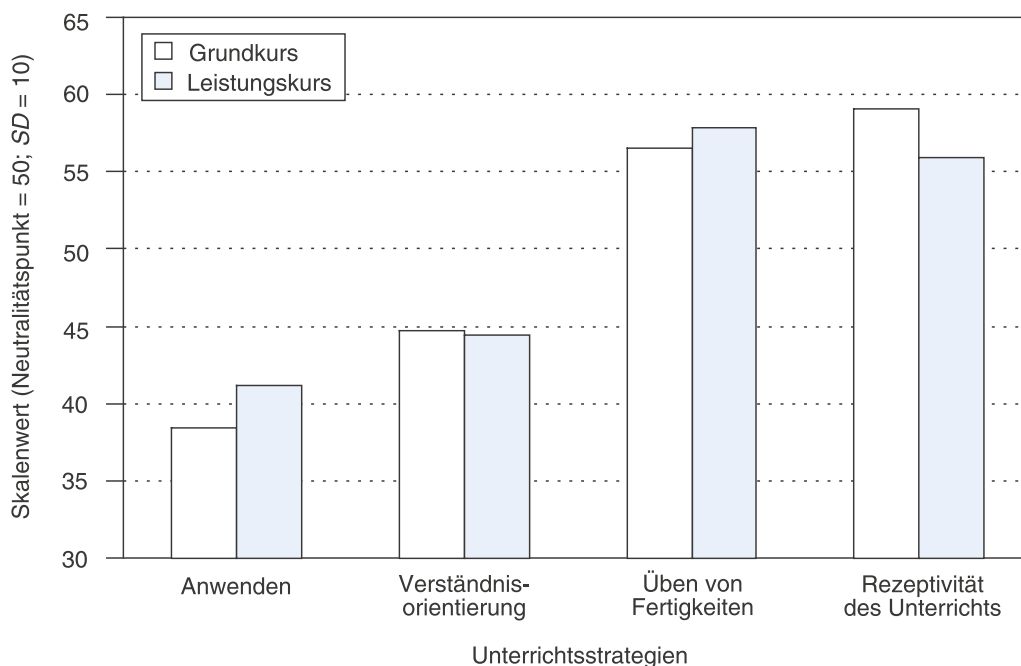
Im Rahmen von TIMSS/III wurde eine Schülerbefragung zum Mathematik- und Physikunterricht durchgeführt, die theoretisch an Konzeptionen verständnisvollen Lernens anschließt. Die Schülerinnen und Schüler wurden gebeten anzugeben, wie häufig bestimmte Tätigkeiten in ihrem Mathematik- bzw. Physikunterricht auftreten, die Hinweise auf didaktische Akzentsetzungen geben. Die gewählten Indikatoren lassen vorsichtige Rückschlüsse auf Verständnisorientierung des Unterrichts durch anspruchsvolle kognitive Eigentätigkeit von Schülern, die Auftretenshäufigkeit von Modellbildung und Anwenden des Gelernten in neuen Kontexten, den Stellenwert des naturwissenschaftlichen Experiments, die Bedeutung der Schulung von Fertigkeiten und schließlich auch auf die Rezeptivität des Unterrichts zu.

Die Analysen ergeben für den Mathematikunterricht folgendes Bild: Aus Schülersicht ist der Mathematikunterricht der gymnasialen Oberstufe bemerkenswert variationsarm. Vorherrschend sind zwei miteinander korrespondierende Schritte: Sobald die Lehrkraft einen mathematischen Gedankengang entwickelt und vorgestellt hat, folgen in der Schülerarbeitsphase das Lösen von Gleichungen und die Übung von Rechenfertigkeiten. Inwieweit die Entwicklung des mathematischen Themas allein in der Hand der Lehrkraft liegt oder primär im lehrergeleiteten Unterrichtsgespräch erfolgt, kann aufgrund des TIMSS/III-Fragebogens nicht entschieden werden. Insgesamt nehmen Schüler den Mathematikunterricht jedoch als rezeptive und fertigkeitenorientierte Veranstaltung wahr. Variabilität lässt sich am ehesten in der Dimension der Verständnisorientierung von Aufgabenstellungen erkennen.

Die didaktischen Grundmuster werden über Kursniveaus hinweg durchgehalten. Es ist nicht zu erkennen, dass Grund- und Leistungskurse differenziellen didaktischen Konzeptionen folgten. Dies gilt sowohl in curricularer als auch methodischer Hinsicht. Grundkurse scheinen, wenn man es salopp ausdrückt, ausgedünnte Leistungskurse zu sein und überdies in methodischer Hinsicht schlechter bedacht zu werden. Sie sind noch etwas stärker rezeptiv und fertigkeitenorientiert angelegt als Leistungskurse.

Infolge der geringen didaktischen Variabilität des Unterrichts erklären die erfassten Merkmale der Unterrichtsgestaltung auch nur einen relativ geringen Anteil der Leistungsvarianz zwischen Kursen. Als wichtigste Unterrichtsdimension erwies sich eine verständnisorientierte Unterrichtsführung, die besonderen Wert auf kognitiv anspruchsvolle Tätigkeiten von Schülerinnen und Schülern legt. In einem Unterricht, in dem die Schüler diese Dimension besonders ausgeprägt wahrnehmen, kommen häufiger Nicht-Routine-Aufgabenstellungen vor, die Problemlöseleistungen erfordern, legt der Lehrer Wert auf die Erklärung und Analyse von mathematischen Zusammenhängen und spielt schließlich mathematisches Modellieren eine größere Rolle. Damit wird eine Dimension im Kernbereich des Mathematikunterrichts erfasst, die man als durch anspruchsvolle Aufgaben initiierte kognitive Eigentätigkeit von Schülern bezeichnen könnte. Das Ausmaß der Rezeptivität des Unterrichts steht dagegen in einem negativen Zusammenhang mit den erzielten Leistungsergebnissen. In einem primär rezeptiv angelegten Unterricht verfolgen Schülerinnen und Schüler, wie der Lehrer oder die Lehrerin einen mathematischen Gedankengang entwickelt, übertragen den Tafelanschrieb in ihr Schulheft und memorieren Regeln und Verfahren. Nach den Schülerangaben bilden diese Tätigkeiten ein Grundgerüst des Mathematikunterrichts. Abbildung 9 gibt einen Überblick über die Verteilung der unterschiedlichen Unterrichtsstrategien.

Abbildung 9: Unterrichtsstrategien in Mathematik nach Kursniveau



IEA. Third International Mathematics and Science Study.

© TIMSS/III-Germany

Um Anhaltspunkte für die didaktische Gestaltung des Physikunterrichts zu gewinnen, sind den Teilnehmern an Physikkursen ähnliche Fragen wie für Mathematik gestellt worden. Die zentralen didaktischen Dimensionen, für die Indikatoren gewonnen werden sollten, sind wiederum Verständnisorientierung, Rezeptivität und Anwendungsorientierung des Unterrichts. Ergänzend kamen für das Fach Physik eine Reihe von nationalen Fragen nach der experimentellen und erfahrungsorientierten Ausrichtung des Unterrichts hinzu.

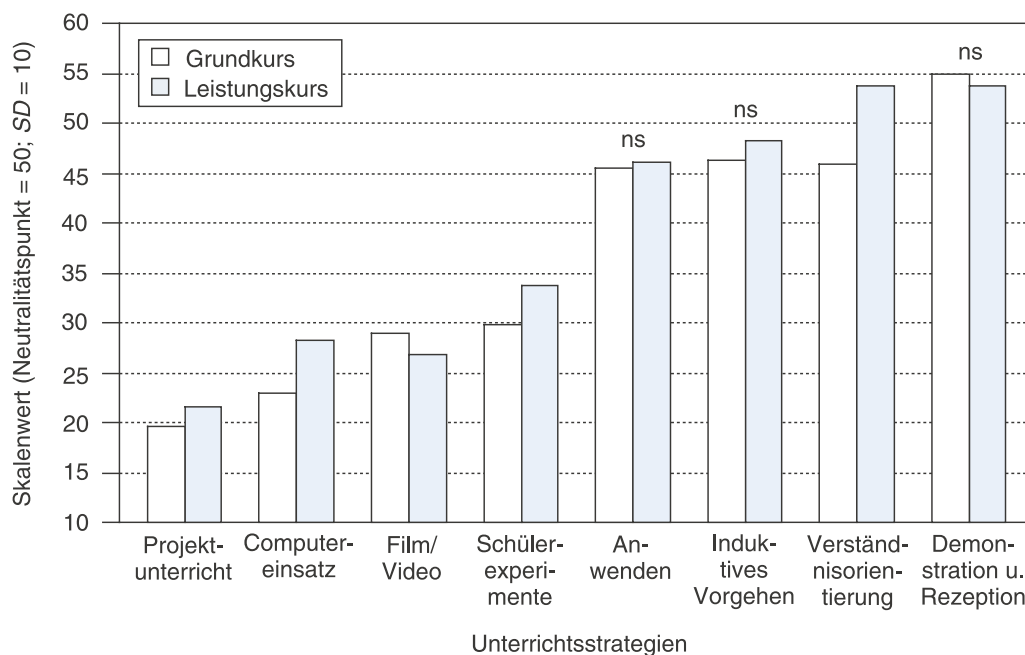
Die Analysen zeigen folgendes Bild: Im Physikunterricht ist die didaktische und methodische Variabilität aus Schülersicht größer als im Mathematikunterricht. Dennoch lässt sich auch im Physikunterricht ein Muster identifizieren, das den Unterricht über Kursniveaus hinweg prägt. Der Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe scheint vornehmlich Demonstrationsunterricht zu sein, in dem Lehrkräfte mithilfe des Vorführ-experiments einen physikalischen Gedankengang entwickeln. Das gelenkte Schülerexperiment ist selten, und die Entwicklung von Experimenten durch Schüler kommt praktisch nicht vor (vgl. Abbildung 10).

Im Physikunterricht lassen sich mit neun didaktischen und methodischen Merkmalen als Prädiktoren 40 Prozent der Leistungsvariation zwischen Kursen erklären. Der Zusammenhang zwischen Unterrichtsmerkmalen und Fachleistungen ist in Physik höher als in Mathematik. Interpretiert man das optimale Erklärungsmodell extensiv, erzielt folgender Physikunterricht günstigere Leistungsergebnisse:

Die Lehrkraft legt Wert auf kognitiv-anspruchsvolle Aufgaben und das theoretische Verständnis von physikalischen Modellen.

- Sie unterstützt den Aneignungsprozess durch theoretisch gut vorbereitete Experimente, die auch unter Nutzung des Rechners durchgeführt oder ausgewertet werden.
- Dabei sind Schüler- und Lehrereperiment jedoch nicht Bestandteil eines induktiven Vorgehens, bei dem der handelnde Umgang mit Versuchsanordnungen bzw. die Beobachtung von Phänomenen der theoretischen Fragestellung vorgelagert sind.
- Schließlich wird die verfügbare Unterrichtszeit zur Erarbeitung und Konsolidierung von Sachverhalten optimal ausgenutzt.

Abbildung 10: Unterrichtsstrategien in Physik nach Kursniveau



IEA. Third International Mathematics and Science Study.

© TIMSS/III-Germany

Zusammenfassend sollen folgende Merkmale des Lernens im mathematischen und physikalischen Unterricht der gymnasialen Oberstufe herausgestellt werden, die gleichzeitig Hinweise auf Optimierungsmöglichkeiten geben:

- **Rezeptivität des Unterrichts:** Anhand von Schülerurteilen lässt sich feststellen, dass der Mathematikunterricht sowohl in Leistungskursen als auch in Grundkursen relativ variationsarm ist. Der Schwerpunkt liegt auf dem Einüben von Fakten- und Regelkenntnissen und Aufgabenslösungsmustern, weniger auf verständnisorientiertem Unterricht. In der Physik wird ein etwas breiteres Spektrum beobachtet, wobei aber auch hier eher rezeptive Formen überwiegen.
- **Merkmale erfolgreichen Unterrichts:** Gerade in der Physik deuten die Zusammenhänge zwischen Unterrichtsmerkmalen und Leitungsergebnissen darauf hin, dass sich ein kognitiv anspruchsvoller, gut vorbereiteter, auf intelligente Weise auch Experimente einbeziehender und gleichzeitig theoriebezogener Unterricht, der die verfügbare Zeit intensiv nutzt, besonders auszahlt.
- **Problembereich Grundkurse in der gymnasialen Oberstufe:** Sowohl in der Mathematik als auch in der Physik scheinen Grundkurse im Wesentlichen als „abgespeckte“ Leistungskurse geführt zu werden, ohne besonderes didaktisch-methodisches Profil. Dies führt dazu, dass Schwerpunktssetzungen, die in den Lehrplänen durchaus vorgesehen sind (z.B. die besondere Berücksichtigung von Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung in Mathematikgrundkursen), im Unterrichtsalltag der Schulen ungenügend umgesetzt werden. Dies lässt sich aus den Angaben der Fachlehrer und der Landesinstitute zum Curriculum- und Unterrichtsbezug der verschiedenen TIMSS-Aufgaben ablesen.

## Selbstreguliertes Lernen im Mathematik- und Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe

Unter den Gesichtspunkten von Studierfähigkeit und Wissenschaftspropädeutik steht die Förderung der Selbstregulation des Lernens, das heißt der Bereitschaft und Fähigkeit, Verantwortung für das eigene Lernen zu übernehmen, dieses ökonomisch zu planen, selbstständig zu steuern und zu überwachen und im praktischen Vollzug gegen konkurrierende Intentionen abzusichern, im Mittelpunkt des Auftrags der gymnasialen Oberstufe, auch wenn die Zugangswege zu diesen Arbeitsformen bereits in der Mittelstufe angebahnt werden müssen. Selbstreguliertes Lernen lässt sich als zielorientierter Prozess des aktiven und konstruktiven Wissenserwerbs beschreiben, der auf dem reflektierten Zusammenspiel von kognitiven und motivational-emotionalen Ressourcen einer Person beruht.

Im Rahmen von TIMSS/III wurde versucht, zentrale Komponenten dieses Modells in der nationalen Zusatzstudie zu erfassen. Es wurden fachspezifische Lernstrategien und mit dem Sachinteresse die motivationale Orientierung in bereichsspezifischer Ausprägung erhoben. Man unterscheidet drei große Gruppen von Lernstrategien: kognitive und metakognitive Strategien sowie Strategien des Ressourcenmanagements. Zu den kognitiven Strategien zählen Memorier-, Elaborations- und Transformationsstrategien. Memorierstrategien sind vor allen Dingen Wiederholungsstrategien, die dazu dienen, Neugelerntes im „Arbeitsspeicher“ zu halten, aber auch die Übernahme der Informationen in das Langzeitgedächtnis zu unterstützen. Eine zweite Untergruppe der kognitiven Strategien bilden so genannte Elaborationsstrategien, die durch sinnstiftendes Vorgehen ausgezeichnet sind. Elaborationsstrategien dienen dazu, innerhalb neu zu lernender Stoffe Sinnstrukturen herauszuarbeiten, Lerninhalte mit bereits gespeichertem Wissen möglichst sinnvoll und dicht zu vernetzen und die Übertragbarkeit des neu Gelernten auf andere Kontexte zu erproben. Diese Strategien unterstützen insbesondere Encodierungs-, Erwerbs- und Transferprozesse. Die zweite große Gruppe der Lernstrategien bilden die so genannten metakognitiven Strategien, zu denen Strategien der Planung, Überwachung und Regulation des eigenen Lernens gehören. Eine flexible Verfügung über metakognitive Strategien gilt als entscheidende Voraussetzung selbstgesteuerten Lernens. Strategien des Ressourcenmanagements schließlich werden als Stützstrategien bezeichnet. Zum internen Ressourcenmanagement werden die Überwachung von Anstrengung und Aufmerksamkeit sowie die planvolle Nutzung der Lernzeit gerechnet.

Die Nutzung effizienter und verständnisfördernder Lernstrategien hat einmal für das Erreichen guter Leistungsresultate im Unterricht der gymnasialen Oberstufe instrumentelle Bedeutung, darüber hinaus sind die Verfügbarkeit von Lernstrategien und ihr situationsadäquater Einsatz als Elemente selbstregulierten Lernens ein eigenständiges Ziel des Unterrichts, das über diesen hinaus auf selbstständiges Weiterlernen verweist. Geht man von den in sich konsistenten Beschreibungen des Lernverhaltens aus, das uns Schülerinnen und Schüler der gymnasialen Oberstufe für die Vorbereitung auf Mathematik und Physik berichten, so wird dieses Ziel je nach Strategietyp unterschiedlich gut erreicht.

Nach den Selbstberichten sind Oberstufenschüler im Allgemeinen gut in der Lage, ihren Arbeitsprozess während der Vorbereitung auf den Unterricht systematisch zu planen und zu überwachen. Sie regulieren ihre Aufmerksamkeit und prüfen, ob sie das Gelernte auch tatsächlich behalten haben. Dagegen sind verständnisorientierte Wissenserwerbsstrategien, mit denen man versucht, sinnstiftende Bezüge innerhalb des neuen Stoffs herzustellen, diesen systematisch mit dem Vorwissen zu verbinden und das neu Gelernte in variierenden Kontexten zu erproben, selten anzutreffen. Besonders auffällig ist das niedrige Niveau des berichteten Einsatzes von Elaborationsstrategien bei der Vorbereitung auf den mathematischen Grundkurs, in dem gleichzeitig das Auswendiglernen stärker zum Zuge kommt. Elaborationsstrategien als wichtigste Elemente verständnisvollen Lernens kommen in der Regel nur bei Aufgaben oder in Lernumwelten zum Einsatz, in denen weniger anspruchsvolle Strategien nicht zum Ziel führen.



Ruft man sich die Beschreibung der modalen Unterrichtsführung im Mathematik- und Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe des vorangegangenen Abschnitts ins Gedächtnis, liegt der Schluss nahe, dass der Unterricht in beiden Fächern weder durch die Aufgabengestaltung noch durch die Form der Erarbeitung von Sachverhalten selbstreguliertes Lernen in besonderer Weise fördert.

### **Epistemologische Überzeugungen im Mathematik- und Physikunterricht: Eine vernachlässigte Zieldimension**

Die Vermittlung adäquater epistemologischer Überzeugungen über die Grundlagen und Leistungsfähigkeit spezifischer Fächer und deren Grenzen gehört zum zentralen Anliegen des Oberstufenunterrichts. Unter den Begriffen „epistemologische Überzeugungen“ oder „Weltbilder“ werden jene Vorstellungen und subjektiven Theorien subsumiert, die Personen über das Wissen und den Wissenserwerb generell oder in spezifischen Domänen entwickeln. Sie thematisieren, wie in beiden Disziplinen Erkenntnisse gewonnen werden, welche praktische Relevanz die Erkenntnisse besitzen und vieles mehr.

Ausgangspunkt der jüngeren Arbeiten zu epistemologischen Überzeugungen ist die Annahme, dass diese intuitiven Theorien die Art der Begegnung mit der erkennbaren Welt vorstrukturieren. Sie beeinflussen Denken und Schlussfolgern, Informationsverarbeitung, Lernen, Motivation und schließlich auch die akademische Leistung. Verschiedene Autoren sprechen von epistemologischen Orientierungen als mentalen Prozessen höherer Ordnung, die kognitive Vorgänge steuern. Bei der Mehrzahl der Autoren verbindet sich mit der Analyse epistemologischer Überzeugungen eine entwicklungspsychologische Perspektive, nach der es einen altersgradierten Komplexitätsgewinn gibt. Dieser Prozess kann in spezifischer Weise durch Schulunterricht gestützt oder behindert werden.

Wenn epistemologische Überzeugungen in den Fachdidaktiken behandelt werden – wie es in den Mathematik- und Naturwissenschaftsdidaktiken der Fall ist –, so geschieht dies nicht nur unter einem instrumentellen Blickwinkel, um Lernprozesse zu befördern, sondern immer auch mit einem bildungstheoretischen Anspruch. Denn die fachbezogenen intuitiven Theorien über Wissen und Wissensgenese geben Antworten darauf, welche Fragen in einem Fachgebiet überhaupt legitimerweise gestellt und mit welchen Verfahren und mit welcher Sicherheit beantwortet werden können. Die Klärung dessen, was Fächer oder Disziplinen in ihrer spezifischen Fokussierung leisten und wo ihre Grenzen liegen, gehört unserer Überzeugung nach zum Bildungsauftrag eines jeden Schulfachs. Im pädagogischen Bereich haben epistemologische Überzeugungen also immer gleichzeitig instrumentelle und substanzielle Bedeutung. Deshalb werden auch die epistemologischen Überzeugungen zum Kern der mathematischen und naturwissenschaftlichen Grundbildung (*Literacy*) gezählt.

**Zentrales Moment des mathematischen Weltbilds von Schülerinnen und Schülern der gymnasialen Oberstufe ist die schematisch-algorithmische Ausrichtung von Mathematik und des Mathematikunterrichts. Die große Mehrheit der Befragten stimmt Aussagen zu, wie: „Mathematik ist Behalten und Anwenden von Definitionen, Formeln, mathematischen Fakten und Verfahren“ oder „Mathematik betreiben heißt: allgemeine Gesetze und Verfahren auf spezielle Aufgaben anwenden“. Damit korrespondiert, dass Oberstufenschülern eine relativistische wissenschaftstheoretische Position, die den konstruktiven und prozessualen Charakter von Mathematik betont, deren Weiterentwicklung von Kreativität und Imagination abhängig ist, nicht vertraut ist. Allerdings ist die instrumentelle Bedeutung von Mathematik, Wirtschaft oder Technik fast jedem Gymnasiasten bewusst. Das Grundmuster der epistemologischen Überzeugungen ist sowohl im Grund- als auch im Leistungskurs anzutreffen, auch wenn das mathematische Weltbild von Leistungskursschülern etwas differenzierter ist.**

Auch im physikalischen Weltbild von Gymnasiasten der Oberstufe lässt sich eine weitgehend geteilte Grundvorstellung identifizieren, in der sich die ontologische Überzeugung einer allmählichen Entdeckung des Bauplans des Universums mit der Vorstellung vom Systemcharakter physikalischen Wissens verbindet. Danach existieren in der Natur physikalische Gesetze, die von den Physikern Schritt für Schritt entdeckt werden. Physikalische Theorien systematisieren menschliche Erfahrungen, die vor allem im Experiment gemacht werden. Physik ist danach eine Leistung des Entdeckens. Diese Basisvorstellung wird in der internationalen Forschungsliteratur als traditionell-empiristisches Wissenschaftsbild bezeichnet. Die moderne Vorstellung von Wissenschaft als einer Konstruktionsleistung ist in diesem Weltbild nicht enthalten.

Ähnlich wie im Fach Mathematik ist die gesellschaftliche Relevanz von Physik unbestritten. Nach der Überzeugung der großen Mehrheit der Oberstufenschülerinnen und -schüler ist Physik der Motor der technologischen Entwicklung und zielt darauf, die praktischen Probleme der Menschheit zu lösen. Grund- und Leistungskurschüler unterscheiden sich in ihrer physikalischen Weltsicht, wobei die Richtung der Unterschiede bemerkenswert ist. Je länger und intensiver sich Schüler in der Schule mit Physik beschäftigen, desto ausgeprägter scheinen empiristische Wissenschaftsvorstellungen zu sein und desto weiter reichen die Erkenntnis- und Wahrheitsansprüche, die mit Physik verbunden werden. Dieses Ergebnis widerspricht offensichtlich fachdidaktischen Zielvorstellungen.

Will man Weltbilder ändern, muss man Erfahrungen im Umgang mit Mathematik und Physik und die impliziten Botschaften, die in der handelnden Auseinandersetzung mit den Stoffen vermittelt werden, ändern – kurz: Es bedarf der Veränderung von Unterrichtsroutinen und der ihnen zu Grunde liegenden epistemologischen Struktur.

### **Multiple Zielerreichung in der gymnasialen Oberstufe: Unauflösbare Verträglichkeitsprobleme von kognitiven, motivationalen und sozialen Zielen?**

Schule ist ein Unternehmen, das unterschiedliche und teilweise konkurrierende Zielsetzungen gleichzeitig verfolgt. In gelingenden Bildungsprozessen vollzieht sich nach allgemein geteilter Vorstellung die gleichmäßige Entwicklung kognitiver, sozialer und emotionaler Fähigkeiten. Alle Schulzielbestimmungen der Länder nehmen diese Gedanken in der einen oder anderen Formulierung auf. Darüber hinaus soll die Schule auch Ansprüchen distributiver Gerechtigkeit genügen, nach denen sich die möglichst optimale Förderung eines jeden Einzelnen mit der Sicherung der notwendigen Qualifikationsvoraussetzungen für eine verantwortliche Teilhabe an Beruf und Gesellschaft für alle verbindet.

Es ist keineswegs selbstverständlich, dass es gelingt, die unterschiedlichen Ziele gleichzeitig und gleich gut zu erreichen. Vielmehr ist in der praktischen Pädagogik die Ansicht verbreitet, dass im Alltag von Schule und Unterricht erhebliche Verträglichkeitsprobleme auftraten, die Optimierungsentscheidungen verlangten. Dieses Argument wird immer dann virulent, wenn in Teilbereichen Probleme bei der Zielerreichung diagnostiziert werden. Fallen die Fachleistungen weniger gut als erwartet aus, könnte diese Schwäche zum Beispiel durch Stärken im Erwerb fachübergreifender Kompetenzen kompensiert werden.

Wie sieht nun die Befundlage der Forschung aus? Für die Sekundarstufe I gibt es mehrfach replizierte Ergebnisse, die besagen, dass eine optimale individuelle Förderung und der gleichzeitige Ausgleich von Leistungsunterschieden in einem Spannungsverhältnis stehen, das mehr oder weniger optimal balanciert, aber im Rahmen des üblichen Klassenunterrichts kaum aufgelöst werden kann. Für die Verträglichkeit kognitiver und affektiver Zielkriterien von Unterricht gibt es ebenfalls einige Arbeiten, deren Ergebnisse weitgehend konsistent sind. Die Befunde belegen keine Verträglichkeitsprobleme, sondern eher kumulativ wirkende Effekte.

Die Ergebnisse unserer Analysen bestätigen in der Grundstruktur einschlägige Befunde aus der Mittelstufe und differenzieren diese in einigen wichtigen Punkten. Von einem grundlegenden strukturellen Kompatibilitätsproblem bei mehrdimensionaler Zielerreichung kann offensichtlich nicht die Rede sein. Innerhalb von institutionell definierten Domänen lässt sich eine Koppelung von kognitiven und motivationalen Zielkriterien nachweisen, die in einem stabilen Verständnis- und Motivationssyndrom auf institutioneller Ebene zum Ausdruck kommt.

Ein steigendes durchschnittliches Leistungsniveau innerhalb eines Kurses wird nicht mit Interessenverlusten erkaufte; ganz im Gegenteil: Kompetenz und Sachinteresse stützen sich auch auf Lerngruppenebene wechselseitig. Die Zusammenhänge zwischen kognitiven und motivationalen Kriterien sind in der gymnasialen Oberstufe erwartungsgemäß straffer als in der noch wenig ausdifferenzierten Mittelstufe oder gar der Grundschule. Gemeinsame Basis einer mehrdimensionalen Zielerreichung innerhalb eines Fachgebiets scheinen verständnisorientierte Unterrichtsstrategien zu sein, die vermutlich für das Verständnis- und Motivationssyndrom verantwortlich sind. Repetitive und rezeptive Unterrichtsführung, aber auch strukturarme Unterrichtsformen, wie sie das induktive Vorgehen im Physikunterricht offenbar darstellt, stehen in negativem Zusammenhang sowohl mit kognitiven als auch mit motivationalen Kriterien.

Generalisierte Einstellungen oder selbstbezogene Kognitionen – wie zum Beispiel das Selbstwertgefühl oder die Schulfreude – variieren dagegen weitgehend unabhängig von bereichsspezifischen Verständnis- und Motivationszusammenhängen. Die Qualität von Einzelkursen, sei sie herausragend oder weniger gut, schlägt also in der Regel – man könnte auch sagen, glücklicherweise – nicht unmittelbar auf generalisierte Merkmale der Person durch.

## Die Botschaften von TIMSS

Entwarnung konnte durch TIMSS hinsichtlich einiger schulstruktureller Fragen gegeben werden, die allzu häufig Gegenstand erbitterter bildungspolitischer Auseinandersetzungen waren. So zeigte sich im internationalen Vergleich, dass sowohl integrierte Systeme (beispielsweise jenes in Schweden) als auch Systeme, die für Schüler unterschiedlicher Fähigkeitsprofile abgestufte Schulformen vorsehen (beispielsweise die Schweiz und die Niederlande) sehr gute Ergebnisse erzielen können. Die Leistungsfähigkeit eines Bildungssystems hängt offenbar nicht zentral von diesen Strukturmerkmalen ab. Auch hinsichtlich der Organisationsform des Abiturs gibt es keinen eindeutig überlegenen Weg. In Bundesländern, die ein Zentralabitur durchführen, liegt die Mathematikleistung in den Grundkursen etwas höher; möglicherweise wirkt die zentrale Prüfung hier standardsichernd. In anderen Kursen (z.B. Leistungskurs oder Grundkurs Physik) ist dies nicht nachweisbar. Umgekehrt traten aber auch keine der befürchteten Nachteile des Zentralabiturs wie Verengung des Kompetenzspektrums oder erhöhte Prüfungsangst auf.

Die Botschaft, die TIMSS für Bildungspolitik und -praxis bringt, scheint eindeutig zu sein: Qualitätsentwicklung im Schulsystem sollte nicht bei formalen Fragen der Schulorganisation und der Zertifizierung, sondern am Unterricht ansetzen. Das betrifft die Vorgabe realistischer curricularer Ziele, aber auch die methodisch-didaktische Gestaltung des Unterrichts bis hin zu Grundfragen der fachdidaktischen Reflexion – zum Beispiel die Frage, welche epistemologischen Überzeugungen im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht gleichsam nebenbei transportiert werden. Entwicklungsmaßnahmen sind dabei auf allen Ebenen des Bildungswesens notwendig. Prüfstein aber wird die Entwicklung einer professionellen Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften im Zusammenwirken von Hochschule, Studienseminar und Einzelschule sein. Denn im professionellen Handeln von Lehrkräften wird letztlich über die Qualität der Ausbildung der nachwachsenden Generation entschieden.

# Jenseits von Leistungsvergleichen



# Mathematikunterricht in der Sekundarstufe I: „Aufgabenkultur“ und Unterrichtsgestaltung

ECKHARD KLIEME, GUNDEL SCHÜMER & STEFFEN KNOLL  
Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, Berlin

Die öffentliche Diskussion der TIMS-Mittelstufenstudie (BAUMERT, LEHMANN u.a. 1997) ist sehr stark dadurch beeinflusst worden, dass nicht nur Testleistungen untersucht und begleitende Fragebögen eingesetzt wurden, sondern dass Deutschland gemeinsam mit Japan und den Vereinigten Staaten an einer begleitenden Videostudie teilgenommen hat, die von einem US-Team koordiniert wurde (STIGLER u.a. 1996). Besonders der anschauliche Vergleich zwischen deutschen und japanischen Unterrichtsstunden hat bei vielen Fachtagungen zu anregenden Diskussionen geführt.

Um jedem interessierten Lehrer, jedem Fachteam und jeder Institution der Lehrerbildung die Arbeit mit Videobeispielen zu ermöglichen, hat das Max-Planck-Institut für Bildungsforschung mit finanzieller Unterstützung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung eine Multimedia-CD-ROM-Dokumentation herausgebracht und mit sehr positiver Resonanz in Weiterbildungsveranstaltungen erprobt. Eine neue Auflage der CD-ROM liegt diesem Band bei. Sie enthält Video-Sequenzen mit einer Gesamtspielzeit von etwa einer Stunde, die je zwei Unterrichtsstunden aus Deutschland, Japan und den USA entnommen sind. Dazu sind auf der CD-ROM allgemeine Hintergrundinformationen zur TIMS-Mittelstufenstudie, zur Videostudie und zu den Rahmenbedingungen des Mathematikunterrichts in den drei Ländern gespeichert. Detaillierte Vorschläge, wie mit diesem Medium individuell, im Lehrerteam, bei Präsentationen und Workshops gearbeitet werden kann, sowie eine Liste von didaktischen Leitfragen unterstützen den Gebrauch dieser CD-ROM. Wir möchten Sie als Leserin oder Leser dieses Bandes einladen, die CD-ROM zu explorieren und nach Ihren eigenen Bedürfnissen zu nutzen. Die Installation und der Zugang mithilfe des „Netscape Communicator“, den Sie sich bei Bedarf ebenfalls von der CD-ROM herunterladen können, sind sehr einfach (vgl. die nachfolgenden Erläuterungen).

Ergänzend zu dem auf der CD-ROM vorgelegten Material sollen im Folgenden einige Ergebnisse der weiterführenden Auswertungen des Videomaterials vorgestellt werden, die am Max-Planck-Institut für Bildungsforschung erarbeitet worden sind:

- Erkenntnisse zur „Aufgabenkultur“ und zur „Dramaturgie“ eines problemorientierten Mathematikunterrichts im Vergleich zwischen deutschen und japanischen Stunden, sowie
- Untersuchungen über grundlegende Dimensionen der Unterrichtsqualität und deren Zusammenhang mit Leistungs- und Motivationsentwicklung.

## Mathematikunterricht in Deutschland, Japan und den USA Erläuterungen zur beiliegenden Multimedia-CD

### Inhalt der CD-ROM

- Video-Ausschnitte aus sechs Unterrichtsstunden der 8. Jahrgangsstufe mit deutschsprachigen Untertiteln, ausführlichen Erläuterungen und begleitender Dokumentation (Stundenablaufpläne, Arbeitsblätter).
- Überblick über Ergebnisse der internationalen TIMS-Videostudie und der TIMS-Teststudie in der Mittelstufe, mit zahlreichen Abbildungen und Tabellen, die auch für Präsentationen geeignet sind.
- Hintergrundinformationen zu den Rahmenbedingungen des Mathematikunterrichts in den drei Ländern sowie zu Design und Methodik der TIMS-Videostudie.
- Leitfragen und Vorschläge zur Nutzung im Selbststudium, im Lehrerteam und in größeren Gruppen.

### Technische Gestaltung

- Sämtliche Informationen sind als HTML-Seiten gespeichert, das heißt, sie können mit einem einfachen Klick über einen Internet-Browser abgerufen werden.
- Die CD-ROM ist kompatibel mit dem „MS Internet Explorer“ und mit dem „Netscape Communicator“, der bei Bedarf von der CD-ROM heruntergeladen werden kann.
- Empfohlene System-Konfigurationen: IBM-kompatibler PC mit Pentium-Processor, mindestens 32 MB-Arbeitspeicher und 12fach CD-ROM-Laufwerk.
- Benötigte Software (auf der CD-ROM enthalten): „Netscape Communicator“ ab Version 4.0 sowie „Quick-Time“ 5.0.

### Installation

- Legen Sie die CD-ROM „Weiterentwicklung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“ in das CD-ROM-Laufwerk Ihres Computers ein.
- Sofern Sie die benötigte Software noch nicht installiert haben, installieren Sie den Internet-Browser „Netscape Communicator“ und das Programm „Quick-Time“. Lassen Sie sich dazu über den Windows-Explorer den Inhalt der CD-ROM anzeigen und doppelklicken Sie auf die Installations-Prozedur im Ordner „Browser“ bzw. „Quick-Time“.
- Starten Sie den „Netscape Communicator“ und stellen Sie im Menü „Bearbeiten/Einstellung/Schrift“ die Schriftgröße (Fonts) möglichst klein ein. Blenden Sie im „Communicator“ die Status- und die Adressleiste aus.
- Wählen Sie im Menü „Datei“ des „Communicators“ den Menüpunkt „Öffnen“. In dem nun erscheinenden Dialogfenster klicken Sie auf die Schaltfläche „Durchsuchen“ und wählen im Datei-Auswahlfenster Ihr CD-ROM-Laufwerk durch Anklicken aus. In der Detailliste klicken Sie auf den Eintrag „Index.htm“ und bestätigen Ihre Auswahl durch Klick auf die Schaltfläche „Öffnen“ und anschließend auf „OK“. Die Anwendung wird daraufhin gestartet.

### „Aufgabenkultur“ und „Dramaturgie“ des problemlösenden Unterrichts im internationalen Vergleich

Die vergleichende Beschreibung und Bewertung deutscher, japanischer und US-amerikanischer Unterrichtspraxis durch die Arbeitsgruppe um JAMES STIGLER hat deutliche Kontraste zwischen den drei Ländern aufgezeigt (vgl. STIGLER u.a. 1996, sowie die ausführlichen Informationen auf der beiliegenden CD-ROM). Die wichtigsten Befunde sind:

- Dem Urteil von Mathematikern und Didaktikern zufolge sind die mathematischen Inhalte japanischer Unterrichtsstunden im Durchschnitt komplexer als in Deutschland und hier wiederum anspruchsvoller als in den USA.
- In Einzel-, Partner- und Gruppenarbeitsphasen werden in Japan vergleichsweise häufig Problemlöse- und Denkaufgaben gestellt, die in Deutschland nur sehr selten und in den USA gar nicht zu verzeichnen waren. Eine Besonderheit Japans ist auch, dass häufiger als in den beiden anderen Ländern alternative Lösungsansätze vorgestellt und in der Klasse diskutiert werden.
- In einem wichtigen Punkt zeigte sich eine Gemeinsamkeit zwischen Deutschland und Japan: Neue mathematische Konzepte werden in beiden Ländern im Unterrichtsgespräch zwischen Schülern und Lehrern *entwickelt*, während sie in den USA zumeist nur durch den Lehrer *vorgeführt* und anschließend in Übungsphasen von den Schülern reproduziert und angewandt werden.

## **Fragend-entwickelndes Unterrichtsgespräch in deutschen Klassen**

Der letztgenannte Befund wurde in einer Dissertation am Max-Planck-Institut (KNOLL, in Vorbereitung) aufgegriffen. Dass neue Konzepte im Unterrichtsgespräch entwickelt werden, sagt noch nichts darüber, wie aktiv die Schüler an diesen Einführungsphasen beteiligt sind. Im Detail wurde daher untersucht, welche Fragen und Aufgabenstellungen der Lehrer während einer Einführungsphase an die Schüler richtet. Alle Anforderungen und Aufgaben im weitesten Sinne, die während der Einführung eines neuen Themas formuliert werden, wurden mittels eines differenzierten Kategoriensystems erfasst.

Vor allem in Deutschland wurde sehr häufig ein Phänomen beobachtet, das etwas salopp als „Kleinarbeiten komplexer Anforderungen“ beschrieben werden kann: Der Lehrer beginnt seine Ausführungen mit einer relativ komplexen, anspruchsvollen Aufgabenstellung, die womöglich verschiedene Repräsentationsformate (graphische Darstellungen, Tabellen, Formeln, verbale Formulierungen) verknüpft und einen Anwendungsbezug herstellt. Diese Aufgabe wird aber nicht von den Schülern in ihrer Komplexität bearbeitet, sondern im Unterrichtsgespräch, unter starker Steuerung durch den Lehrer, Schritt für Schritt bearbeitet. Die Teilleistungen, die dabei von den Schülern erwartet werden, sind dann meist nur noch von elementarer Art: Die Schüler müssen Definitionen und Regeln, die sie früher gelernt haben, reproduzieren, sie müssen geometrische Objekte oder Terme, die an der Tafel entstanden sind, benennen, oder sie müssen einfache Teiloperationen, Rechenschritte, algebraische Umformungen usw. ausführen. Auf diese Weise wird eine komplexe, offene Problemstellung umgeformt in eine Serie wenig anspruchsvoller, geschlossener Aufgaben. Die Fragen, die der Lehrer im Einzelnen stellt, sind überwiegend konvergent, das heißt, sie zielen auf eine ganz bestimmte Antwort ab – auf den einen Baustein, der in das „Puzzle“ der Problemlösung passt.

Viele mathematikdidaktische Fallstudien haben nahe gelegt, dass eine solche enge „fragend-entwickelnde“ Gesprächsführung typisch ist für deutschen Mathematikunterricht (vgl. etwa MAIER & VOIGT 1994). Die Problematik dieses Unterrichtsmusters lässt sich – thesenartig zugespitzt – folgendermaßen charakterisieren:

- (1) Der Lehrer hat in dieser Art des Unterrichts die gleichsam paradoxe Aufgabe, den Fluss der Gedanken bzw. Problemlöseschritte auf ein intendiertes (den Schülern oft sogar verborgenes) Resultat hin zu steuern und gleichzeitig für Ideen der Schüler offen zu sein.
- (2) Die Schüler stehen vor der ebenso paradoxen Aufgabe, Teilschritte eines Problemlösungsprozesses formulieren zu müssen, dessen Ziel sie nicht kennen.
- (3) Es ist dem Lehrer nicht möglich, die im Unterrichtsgespräch aufkommenden Beiträge sinnvoll auszuwählen und anzuordnen. Er ist darauf angewiesen, aus zufälligen Äußerungen die passenden aufzugreifen.
- (4) Lehrer und Schüler haben im schnellen Wechsel des Dialogs wenig Zeit zum Nachdenken. Gleichzeitig wird ihnen ein hohes Konzentrationsniveau abgefordert.
- (5) Zu den problematischen Konsequenzen gehört,
  - dass der Lehrer seine Fragen/Teilaufgaben offen und vage formuliert, gleichzeitig aber enge Erwartungen bezüglich der Antwort hat,
  - dass Schüler häufig rein assoziative Einwürfe machen,
  - dass Schüleräußerungen oft unbeachtet und ohne Feedback bleiben,
  - dass weiterführende Beiträge verworfen werden, weil sie „zum falschen Zeitpunkt“ geäußert werden,
  - dass alternative Lösungswege nicht geprüft werden.

(6) Das Unterrichtsgespräch verliert dadurch den intendierten argumentativen und logisch stringenten Charakter. Es wird unübersichtlich, teilweise zirkulär oder „mäandernd“. Problemlöseprozesse werden verhindert oder abgebrochen. Stattdessen operieren die Schüler auf der Ebene der bloßen Reproduktion von Wissens-elementen oder mit trial-and-error-Verhalten.

Das grundlegende Problem eines solchen Unterrichtsstils ist nicht – um ein populäres Thema didaktischer Diskussionen aufzugreifen – die zu starke „Lehrerzentrierung“ und zu geringe „Schülerorientierung“. Die Lehrform des „fragend-entwickelnden“ Unterrichtsgesprächs ist vielmehr – in ihrer Idealform – ein Versuch, beides auszubalancieren, das heißt eine gewisse Offenheit gegenüber Ideen der Schüler bei gleichzeitig zielorientierter Führung durch den Lehrer zu erreichen. Sie ist damit eine besonders anspruchsvolle Unterrichtsform (vgl. AEBLI 1986), die häufig misslingt. Die Problematik dieses Unterrichts liegt unseres Erachtens darin, dass die Schüler nicht auf der Ebene des eigentlichen komplexen Problemlöseprozesses kognitiv aktiviert werden, sondern auf der Ebene von Teilprozessen, im Sinne von Reproduktion, Assoziation und einfachen Operationen.

Die Bedeutung der TIMS-Videostudie, insbesondere für die didaktische Diskussion in Deutschland, besteht darin, dass sie dieses Phänomen in einer repräsentativen Stichprobe dokumentiert hat. Die Analyse von KNOLL (in Vorbereitung) verdeutlicht, dass das „Kleinarbeiten“ komplexer Aufgaben im deutschen Unterricht besonders stark verbreitet ist; sie zeigt aber auch, dass andere Typen des problemorientierten Unterrichts, insbesondere andere Arten der Gestaltung von Einführungsphasen, möglich sind.

### **Ein japanischer Ansatz für Aufgabenkultur und Unterrichts-Dramaturgie**

46

Insbesondere in den japanischen Stunden aus der TIMSS-Videostichprobe lässt sich ein alternatives Muster ablesen, das auf einem besonderen, auch im japanischen Zusammenhang durchaus innovativen Konzept beruht, dem des so genannten „open-ended problem solving“ (BECKER & SHIMADA 1993; NAGASAKI & BECKER 1993; NOHDA 1995; NEUBRAND & NEUBRAND 2000). Dieses Unterrichtskonzept ist seit ca. 20 Jahren, aufbauend auf reformpädagogischen und kognitionspsychologischen Impulsen aus dem westlichen Ausland, von Mathematik-Pädagogen in Japan entwickelt und über zahlreiche Lehrerweiterbildungen breit implementiert worden. Es ist auch – mit unterschiedlicher Stringenz – in einer größeren Zahl der TIMSS-Videos aus Japan realisiert, unter anderem in den beiden auf der CD-ROM enthaltenen Beispielen. Konstitutiv für dieses Unterrichtskonzept sind drei Komponenten:

- eine auf breiter Basis eingeführte „Aufgabenkultur“, in deren Mittelpunkt eine Systematik von „offenen Problemstellungen“ steht, die in zahlreichen Beispielen umgesetzt wurden, auf die Lehrer zurückgreifen können,
- eine als kulturelles Skript des reformorientierten japanischen Mathematikunterrichts beschreibbare „Dramaturgie“ des Unterrichtsablaufs, die Raum schafft für selbstständiges Problemlösen der Schüler, für Gruppenarbeit, aber auch für klar strukturierende und fokussierende Aktivitäten des Lehrers, sowie
- ein in der professionellen Kultur der Mathematikpädagogen verankerter und durch intensive Lehrerweiterbildung – zum Beispiel. Ausarbeitung von Beispielstunden in Lehrerteams – gefestigter Satz von *Qualitätskriterien* für angemessenes Lehrerverhalten.

Im Folgenden gehen wir auf diese drei Komponenten näher ein.



## Aufgabenkultur im „open-ended problem solving“

In der auf der CD-ROM dokumentierten Geometriestunde lösen die Schüler eine Transferaufgabe (Berechnung der Länge der Mittellinie eines Trapezes) auf sieben unterschiedlichen Wegen. Ähnlich werden in der Algebrastunde unterschiedlich abstrakte Lösungsansätze für lineare Gleichungssysteme genutzt und zwischen Lehrer und Schülern diskutiert. Solche Unterrichtssituationen setzen eine kluge Auswahl von Aufgaben voraus, die dem Wissensstand der Schüler angepasst sind, je nach individuellen Lernvoraussetzungen unterschiedlich angegangen werden können und mehrere erfolgreiche Wege zur Lösung zulassen. In der Tradition des „open-ended problem solving“ werden drei verschiedene Arten von offenen Aufgaben unterschieden.

### Beispiele für offene Aufgaben aus der TIMS-Videostudie

#### Mehrere Lösungswege

Bei diesem Typ von Aufgaben ist die zu erreichende Lösung eindeutig bestimmt, aber der Lösungsweg ist offen. Beispiel:

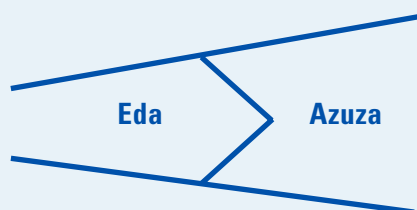
Zwei Brüder geben regelmäßig Geld in einen Opferstock. A gibt vom ersten Tag an jeweils fünf Münzen. B gibt vom siebten Tag an je zehn Münzen. Wann hat B mehr gegeben als A?

(Diese Aufgabe ermöglicht eine Lösung über Ausprobieren, Erstellen von Wertetabellen, Zeichnen von linearen Graphen oder über ein Ungleichungssystem.)

#### Mehrere unterschiedliche Lösungen

Bei diesem Typ handelt es sich um Aufgaben mit mehreren, mathematisch und kognitiv unterschiedlich anspruchsvollen Lösungen. Beispiel:

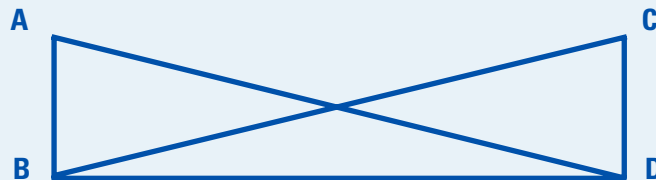
Edas und Azuzas Land haben eine Grenze, die begrabt werden soll. Welche Möglichkeiten gibt es?



## Entwicklung eigener Aufgabenstellungen

Bei diesem Aufgabentyp, der auch in Japan eher selten und in der Umsetzung schwierig ist, wird die Problemerkstellung selbst offen in dem Sinne, dass die Schüler, ausgehend von einem vorgegebenen Aufgabenbeispiel, sich selbst neue, analoge oder generalisierte Probleme stellen und bearbeiten. Beispiel:

Stelle zur folgenden Zeichnung eine Behauptung auf, und nenne die Eigenschaften des Dreiecks, die beim Beweis verwendet werden dürfen.



## Dramaturgie des Unterrichts

Nicht das Aufgabenmaterial allein garantiert einen Lehr-Lern-Prozess, der die Schüler tatsächlich kognitiv aktiviert; entscheidend ist hierfür die „Dramaturgie“ der Stunde. Typisch für die problemorientierten Stundenverläufe im japanischen Unterricht, die auf den TIMSS-Videos dokumentiert sind, ist folgender Ablauf:

### Skript des reformorientierten japanischen Mathematikunterrichts

1. Sicherung der Wissensvoraussetzungen (Wiederholung wichtiger Sätze per Arbeitsblatt, Übung im Klassenverband, Lehrervortrag oder Tafelbild).
2. Vorstellung eines neuen, darauf aufbauenden Problems.
3. Einzelarbeit, eventuell mit Unterstützung des Lehrers.
4. Gruppenarbeit, Lehrer beobachtet die Gruppe und notiert Lösungen.
5. Präsentation und Diskussion der Gruppenlösungen in einer vom Lehrer bestimmten Reihenfolge.
6. Zusammenfassung durch den Lehrer.

Die Phasen 2 bis 5 können unter Umständen mehrmals innerhalb einer Unterrichtsstunde durchlaufen werden, wie beispielsweise in der Algebra-Stunde der CD-ROM. Auch „fragend-entwickelnde“ Gespräche können eine wichtige Funktion haben, insbesondere in den Phasen 1 und 2. Entscheidend ist jedoch die Phase der Einzel- und anschließenden Gruppenarbeit, in der Schüler häufig mehrere qualitativ verschiedene Lösungen für ein Problem entwickeln. Der Lehrer hat diese Lösungen zu einem guten Teil antizipiert, hält den Lösungsprozess und die verschiedenen Resultate beobachtend fest, und kann so die abschließende Präsentation und Zusammenfassung systematisch aufbauen und gegebenenfalls zielgerichtet auf Fehler eingehen – anders als beim ausschließlich „fragend-entwickelnden“ Unterrichtsverlauf, wo er von Augenblick zu Augenblick auf passende Schülerbeiträge hoffen und auf Fehler ad hoc reagieren müsste.

Zudem ist hervorzuheben, dass auch offene Aufgaben von den Schülern nicht in unvermittelten „Schöpfungsakten“ gelöst werden können, sondern klug vorbereitet sein müssen. Der Geometrielehrer der CD-ROM beispielsweise stellt die zwei Strahlensätze mitsamt Umkehrungen, die in der Stunde benutzt werden sollen, zu Beginn in einem systematischen Lehrervortrag vor. Die anschließende Beweisaufgabe verlangt eigentlich nicht mehr als eine unmittelbare Anwendung. (Sie steht im klaren Kontrast zu den Beweisführungen, die wir im deutschen Geometrieunterricht beobachten: Dort handelt es sich durchweg um ausführliche Beweise, die vom Lehrer selbst geführt werden, während in Japan kleinere Beweisaufgaben von den Schülern selbst bearbeitet werden.) Erst danach wird die offene Transferaufgabe gestellt. Ähnlich in der Algebra-Stunde der CD-ROM: Hier soll die Wiederholungsphase durch den „Trick“, die Arbeitszeit der Schüler sehr eng zu begrenzen, die Schüler darauf hinlenken, dass die ihnen bekannte Lösungsmethode (Einsetzen in Wertetabellen) unökonomisch ist. – Generell sind im japanischen Unterricht die neuen Problemstellungen im Idealfall so genau austariert, dass sie keinen zu großen Erkenntnisprung verlangen, wohl aber das selbstständige Umstrukturieren einer Problemsituation und eine Anpassung der verfügbaren mathematischen Werkzeuge an die neue Aufgabensituation.

Zu vermuten ist, dass die vorgestellte „Aufgabenkultur“ und „Dramaturgie“ das selbstständige Problemlösen wie auch die argumentative Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Lösungsvorschlägen ermöglichen, gleichzeitig aber Lehrer und Schüler entlasten, weil sie in entscheidenden Phasen die Unwägbarkeiten des „fragend-entwickelnden“ Gesprächs vermeiden.

### **Kriterien guten Unterrichtens**

Zur Realisierung des „open-ended problem solving“ gehören schließlich bestimmte Qualitätskriterien, nach denen sich das Verhalten der Lehrer richten sollte. In Anlehnung an die japanische Literatur (vor allem NAGASAKI & BECKER 1993) haben wir sie zu drei Merkmalen verdichtet. Mit dem ersten Merkmal wird deutlich, dass die Offenheit des Unterrichts im Sinne eines Freiraums für eigenständige kognitive Aktivität der Schüler nicht nur von der Wahl der Aufgaben abhängt, sondern ganz wesentlich vom Austausch der Argumente. Der Lehrer sollte hierbei idealerweise die Rolle eines „Mediators“ haben, der Schüler nicht so sehr mit Informationen „füttert“ als ihnen Gelegenheit gibt, eigene Gedanken zu entfalten und auszutauschen. Damit dieser Prozess zielorientiert zu verständnisvollem Lernen führt, muss der Lehrer schließlich auch für Fokussierungen sorgen.

#### **1. Offenheit von Aufgabenstellungen und Lösungswegen – auch „lokal“, während der Problembearbeitungen im Unterricht:**

- Schüler bearbeiten selbstständig neuartige Aufgabenstellungen ohne vorherige Darstellung einer Musterlösung durch den Lehrer;
- Schüler selbst formulieren Aufgabenstellungen;
- verschiedene Lösungen sind möglich;
- unterschiedliche Lösungswege werden gewünscht bzw. akzeptiert;
- Skizzen und unabgeschlossene Lösungen werden akzeptiert;
- umgangssprachliche Argumente werden akzeptiert (wertgeschätzt).

#### **2. Lehrer als „Mediator“:**

- gibt den Schülern Zeit, Ideen zu entwickeln und Antworten zu finden;
- ordnet Ideen der Schüler in den Kontext der Stunde ein;
- bezieht Beiträge verschiedener Schüler aufeinander;
- unterstützt bei der Ausformulierung bzw. Ausführung von Ideen;

- fragt – ohne zu bewerten – nach, wenn ein Schüler unvollständige oder unklare Ideen formuliert;
- korrigiert nicht sofort jeden Fehler.

### 3. Fokussierung:

- Die Stunde behandelt ein durchgehendes Thema.
- Der Lehrer benennt Ziel/Thema/Fragestellung der Stunde explizit.
- Aufgaben und Fragestellungen, die zu Beginn gestellt werden, werden im Laufe der Stunde vollständig bearbeitet.
- Der Lehrer fasst die Stunde am Ende zusammen.

Diese Kriterien beschreiben im Kern das, was die „Unterrichtskultur“ eines problemorientierten, kognitiv anspruchsvollen Mathematikunterrichts in dem hier vorgestellten japanischen „Modell“ ausmacht. Indem wir von einem „Modell“ sprechen, meinen wir nicht, dass „der“ japanische Unterricht in sich homogen sei, den Idealvorstellungen der Didaktiker voll entspreche und als eine Art Blaupause für den Mathematikunterricht in Deutschland verwendet werden könne. Es geht vielmehr darum, eine vom bekannten Schema des fragend-entwickelnden Unterrichts abweichende Art der Unterrichtsführung vorzustellen, deren Adaptation und Erprobung in Deutschland dem problemlösenden Unterricht neue Chancen geben könnte.

Man kann die genannten Kriterien natürlich auch anwenden, um die Qualität vorfindbaren Unterrichts einzuschätzen. Wir haben hierzu ein Beurteilungsschema entwickelt und auf die deutschen Videos der TIMS-Studie angewandt (KLIEME & CLAUSEN 1999). Offenheit ist demnach in unseren Klassen sehr selten realisiert, interessanterweise am ehesten noch in der Hauptschule. Ein an der „Mediator“-Rolle orientiertes Lehrerverhalten wird eher selten beobachtet, Fokussierungen hingegen relativ häufig. Diese Beobachtungen sind Teil eines mehrdimensionalen Zugangs zur Realität des deutschen Mathematikunterrichts, der im folgenden Abschnitt dargestellt werden soll.

## Grunddimensionen der Unterrichtsqualität

Mit den Kategorien, die im internationalen Vergleich entwickelt wurden, sind nur Teilaspekte der Unterrichtsrealität erfasst. Unter Rückgriff auf Konzepte der Schulpädagogik und der empirischen Unterrichtsforschung haben wir in weiteren Studien am Max-Planck-Institut ein umfassendes, mehrdimensionales Modell der Qualität mathematischen Unterrichts entwickelt und empirisch validiert (KLIEME u.a. in Druck; CLAUSEN, in Druck; KLIEME & THURBAS 2001). An einer entscheidenden Stelle ergänzt das Modell allerdings – motiviert durch neuere „konstruktivistische“ Theorien des Lehrens und Lernens (STERN 1995; BAUMERT & KÖLLER 2000) – den Ansatz der herkömmlichen Unterrichtsforschung (vgl. EINSIEDLER 1997). Während bislang Aspekte eines geordneten, strukturierenden Lehrerhandelns einerseits und ein schülerorientiertes sozial-affektives Klima andererseits betont wurden, legen wir besonderen Wert auf das Ausmaß der kognitiven Aktivierung der Schüler in ihrer Auseinandersetzung mit dem Unterrichtsgegenstand und im Austausch von Argumenten.

### Beobachtung von Qualitätsmerkmalen im Unterricht

Die nachfolgenden Analysen beziehen sich ausschließlich auf die repräsentativ ausgewählten deutschen Klassen, die im Rahmen der TIMS-Videostudie untersucht wurden. Die nationale Erweiterung von TIMSS bietet wesentlich stärkere analytische Möglichkeiten als das internationale Design, weil Schüler und Lehrer umfassender befragt wurden und vor allem weil die Erhebung in Deutschland längsschnittlich angelegt war, sodass sich Veränderungen über ein Schuljahr hinweg messen lassen.

Ausgangspunkt unserer Untersuchung ist ein Satz von Skalen zur Beschreibung von Aspekten der Unterrichtsqualität, die jeweils aus zwei bis fünf einzelnen Aussagen bestehen. Dieses Beschreibungssystem hat sich bei der Untersuchung von Unterricht aus Sicht der Schüler bewährt (GRUEHN 2000), und es wurde erfolgreich zur Einschätzung des Unterrichts durch trainierte Beobachter adaptiert (CLAUSEN, in Druck).

Eine Auswertung der Beobachter-Urteile<sup>1</sup> legt drei übergeordnete Faktoren zu Tage (vgl. im Einzelnen KLIEME u.a. in Druck):

(1) einen Faktor „Unterrichts- und Klassenführung“, der klassische Merkmale der klaren, strukturierten, gut organisierten Instruktion zusammenfasst,

(2) einen Faktor „Schülerorientierung“, der das Eingehen auf individuelle Lernpotenziale und Bedürfnisse der einzelnen Schüler beschreibt, sowie

(3) einen Faktor „Kognitive Aktivierung“, der die Komplexität von Aufgabenstellungen und Argumentationen und die Intensität des fachlichen Lernens widerspiegelt.

**Tabelle 5: Grunddimensionen der Unterrichtsqualität<sup>2</sup>**

I. Unterrichts- und Klassenführung	II. Schülerorientierung	III. Kognitive Aktivierung
Effektive Behandlung von Unterrichtsstörungen <i>„greift sofort ein, bevor Unruhe und Störungen überhaupt entstehen können“</i>	Sozialorientierung <i>„kümmert sich um die Probleme der Schüler“</i>	Genetisch-sokratisches Vorgehen <i>„lässt die Schüler auch einmal mit ihren eigenen Vermutungen in die Irre gehen, bis sie es selbst merken“</i>
Häufigkeit von Störungen (-) Zeitverschwendung (-) <i>„es dauert zu Beginn der Stunde sehr lange, bis die Schüler ruhig werden und zu arbeiten beginnen“</i>	Individuelle Bezugsnormorientierung <i>„lobt auch die schlechten Schüler, wenn er merkt, dass sie sich verbessern“</i>	Anspruchsvolles Üben <i>„unter den Übungsaufgaben sind oft Aufgaben, bei denen die Schüler wirklich sehen können, ob sie etwas verstanden haben“</i>
Sprunghaftigkeit des Lehrers (-) <i>„lässt sich leicht ablenken, wenn ihm irgend etwas auffällt“</i>	Diagnostische Kompetenz des Lehrers im Sozialbereich <i>„merkt ziemlich schnell, wenn jemand Kummer hat“</i>	Repetitives Üben (-) <i>„es werden immer wieder fast dieselben Aufgaben geübt, die in der Stunde durchgenommen wurden“</i>
Regelklarheit× <i>„es ist klar, was man machen darf und was nicht“</i>	Interaktionstempo (-) <i>„geht gleich zum nächsten, wenn man nicht sofort antwortet“</i>	Motivierungsfähigkeit des Lehrers <i>„kann auch trockenen Stoff wirklich interessant machen“</i>
Klarheit und Strukturiertheit des Unterrichts <i>„kommt vom Hundertsten ins Tausendste, und keiner weiß, was los ist“ (-)</i>	Leistungsdruck (-) <i>„der Unterricht geht so schnell weiter, dass viele Schüler Schwierigkeiten haben mitzukommen“</i>	
Monitoring <i>„achtet sehr darauf, dass die Schüler aufpassen“</i>		
Time on Task <i>„die Schüler arbeiten fast immer intensiv mit“</i>		

<sup>1</sup> Die hier mitgeteilten Analysen beziehen sich auf eine Teilmenge von 82 Unterrichtsstunden, für die vollständige Datensätze – einschließlich Lehrer- und Schülerfragebögen – vorliegen. Die Auswahl ist jedoch nicht verzerrt.

<sup>2</sup> Skalen, die mit (-) gekennzeichnet sind, gehen mit umgekehrter Polung in die Berechnung der Dimensionen ein. So ist zum Beispiel nicht die Häufigkeit von Störungen, sondern deren Seltenheit (= Umkehrung der Skala „Häufigkeit“) mit guter Unterrichts- und Klassenführung assoziiert.

Tabelle 5 listet auf, aus welchen Skalen sich die drei Grunddimensionen zusammensetzen, und gibt einige Beispielaussagen an. Jede einzelne Aussage wurde von den Beobachtern – nachdem sie die videographierte Stunde angeschaut hatten – auf einer vierstufigen Skala von „kommt überhaupt nicht vor“ bis „kommt sehr häufig vor“ eingeschätzt, und es wurden pro Klasse Mittelwerte für die drei Dimensionen gebildet.

Diese drei empirisch gewonnenen Faktoren können als Grunddimensionen der Unterrichtsqualität angesehen werden. Die Dimensionen sind in einzelnen Stunden bzw. einzelnen Schulklassen in unterschiedlichem Ausmaß realisiert. Ihr Muster spiegelt jedoch die unverzichtbaren Grundbedingungen schulisch organisierten Lernens wider, wie sie Schultheoretiker seit langem formuliert haben (vgl. etwa DIEDRICH & TENORTH 1997). Aufgabe des Lehrers ist es, diese Bedingungen zu sichern und damit den Schülern Lernmöglichkeiten zu schaffen. Er sollte

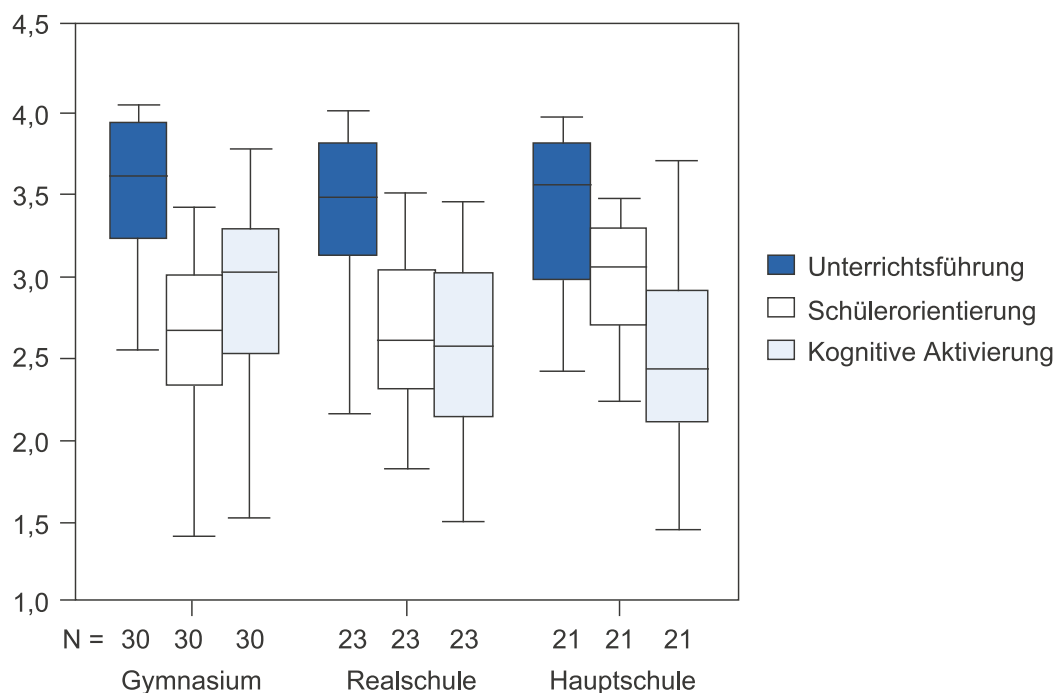
- als Organisator und Moderator des institutionalisierten Lernens sicherstellen, dass Arbeitsabläufe weitgehend störungsfrei und in strukturierter Form stattfinden, um ein Mindestmaß an Aufmerksamkeit auf Seiten der Schüler zu ermöglichen,
- als Erzieher, der im Unterricht die soziale Leitungsrolle wahrnimmt, dafür Sorge tragen, dass die Schüler sich in die Gruppe integrieren und motiviert mitarbeiten, und
- als Vertreter eines Fachs und „Instrukteur“ die Lernumgebung so gestalten, dass den Schülern verständnisvolles Lernen und eine aktive kognitive Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand ermöglicht wird.

### ***Unterschiede im Qualitätsprofil zwischen und innerhalb der Schulformen***

Jeder Unterricht muss im Prinzip diese drei Grundfunktionen erfüllen, kann aber unterschiedliche Schwerpunkte setzen. Sie sind schon beim Vergleich der Schulform deutlich (vgl. Abbildung 11). Da alle Einschätzungen auf derselben Skala zwischen dem Wert 1 („kommt überhaupt nicht vor“) bis 4 („kommt sehr häufig vor“) vorgenommen wurden, sind die Ausprägungsgrade vergleichbar.

Die Kriterien, nach denen wir die Effizienz der Unterrichts- und Klassenführung eingeschätzt haben, können demnach im Durchschnitt weitgehend als erfüllt gelten, auch wenn deutliche Schwankungen zwischen den einzelnen Klassen festzustellen waren. (Erst im internationalen Vergleich, beispielsweise mit der Schweiz, wird deutlich, dass Unterricht noch geordneter ablaufen kann als in Deutschland.) Schülerorientierung und kognitive Aktivierung sind in geringerem Ausmaß realisiert, mit klarem Schwerpunkt in den Schulformen: Die Hauptschule zeichnet sich durch größere Schülerorientierung aus, das Gymnasium hingegen durch stärkere kognitive Aktivierung. Solche Profilbildungen entsprechen durchaus der Tradition schulformspezifischer Didaktik und verdeutlichen, dass Schulformen in unserem Bildungssystem als differenzielle Entwicklungsumgebungen wirken (BAUMERT, KÖLLER & SCHNABEL 1999). Allerdings gibt es auch hier Unterschiede zwischen einzelnen Klassen. Kognitiv aktivierend lässt sich durchaus auch in Hauptschulen unterrichten. Dies ist ja nicht an den Schwierigkeitsgrad von Aufgaben, sondern an deren Gestaltung (z.B. ihre Offenheit) und an die Art der Behandlung gebunden.

**Abbildung 11: Verteilung der von Beobachtern eingeschätzten Qualitätsmerkmale nach Schulformen<sup>3</sup>**



### **Die Bedeutung der Grunddimensionen für die Wirkungen von Unterricht**

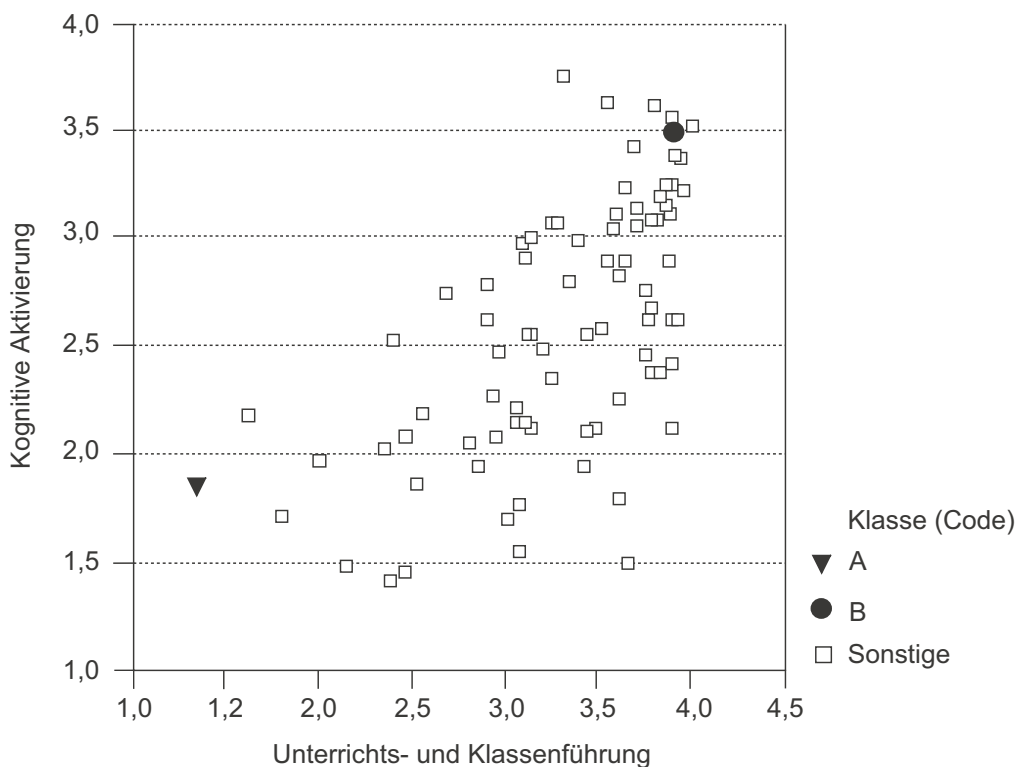
Die drei Grunddimensionen sind nicht unabhängig voneinander, und sie besitzen, wie unsere Untersuchungen in der TIMS-Videostudie gezeigt haben, spezifische Bedeutungen für die Entwicklung der Schüler:

- *Schülerorientierung* ist der entscheidende Faktor, wenn die *Lernmotivation der Schüler* gefördert werden soll. Dies konnten wir belegen, indem wir (auf der Ebene der Schulklassen) das in den Videos sichtbare Ausmaß an Schülerorientierung mit der Veränderung des fachlichen Interesses im Verlauf des 8. Schuljahres korrelierten. Die Korrelation von .22 ist zwar niedrig (wie auch nicht anders zu erwarten ist, wenn man Beobachtungen aus einer einzelnen videographierten Stunde mit der Entwicklung über ein ganzes Schuljahr hinweg in Beziehung setzt), aber statistisch signifikant.
- Der *Lernzuwachs*, gemessen mit dem TIMSS-Leistungstest, wird hingegen durch das Ausmaß der *kognitiven Aktivierung* bestimmt, wie auch hier eine signifikante Korrelation von .22 anzeigt.
- Die Effizienz der *Unterrichts- und Klassenführung* hängt hingegen weder mit der Interessens- noch mit der Leistungsentwicklung unmittelbar zusammen. Sie ist aber deshalb nicht ohne Bedeutung. Eine strukturierte und weitgehend störungsfreie Lernumgebung und ein Mindestmaß an Aufmerksamkeit in der Klasse bilden eine *notwendige, wenngleich nicht hinreichende Vorbedingung für die kognitive Aktivierung*. Dies wird in Abbildung 12 deutlich: In unserer Stichprobe befinden sich keine Schulen mit hohen Einschätzungen für kognitive Aktivierung und gleichzeitig niedrigen Werten bei Unterrichts- und Klassenführung, während der umgekehrte Fall häufig auftritt.

<sup>3</sup> In den „Kästen“ liegen jeweils 50 Prozent der Fälle, die hervorgehobene Linie kennzeichnet den Median (Prozentrang 50). Einige einzelne Klassen aus sonstigen Schulformen sind hier nicht dargestellt.

Diese Zusammenhänge gelten nicht nur für die Gesamtheit der TIMSS-Videoklassen. Sie zeigen sich auch innerhalb der einzelnen Schulformen. Dabei deutet sich an, dass es je nach Ausgangslage der Klasse einen optimalen Grad an kognitiver Aktivierung geben könnte, dessen Überschreitung ebenso disfunktional ist wie die Unterschreitung<sup>4</sup>.

**Abbildung 12: Zusammenhang zwischen Unterrichts- und Klassenführung einerseits, kognitiver Aktivierung andererseits in den videographierten Stunden**



Diese Ergebnisse der TIMS-Videostudie sind nicht nur für die Forschung zur Unterrichtsqualität von großer Bedeutung, sondern auch für Fachdidaktik und Praxis des Mathematikunterrichts. Es ist deutlich, dass guter Unterricht in allen drei Grunddimensionen ausgewiesen sein muss. Jede Dimension erfüllt im Hinblick auf die Leistungs- und Motivationsentwicklung der Schüler und die Sicherung der Arbeitsbedingungen im Klassenverband wesentliche Funktionen. Es ist daher falsch, beispielsweise Schülerorientierung und direktes, störungspräventives Verhalten des Lehrers gegeneinander auszuspielen. Ebenso wenig ist es angezeigt, gut strukturierte Unterrichtsführung und kognitive Aktivierung, wie sie in neuen konstruktivistischen Lerntheorien verlangt wird, als Antipoden zu sehen: Das eine ist die Grundvoraussetzung, auf der kognitiv aktivierende Instruktionen aufbauen müssen, um erfolgreiches fachliches Verstehen zu ermöglichen.

<sup>4</sup> Technisch beruht diese Aussage darauf, dass die Korrelationen zweiter Ordnung – die quadratischen Korrelationen – höher sind als die linearen Korrelationen.



## Ein mathematisches Problem, zwei Unterrichtsbeispiele: Eine vergleichende Interpretation

Zur Illustration des zuletzt diskutierten Zusammenhangs sollen im Folgenden zwei kurze Ausschnitte aus Mathematikstunden in der 8. Jahrgangsstufe des Gymnasiums vorgestellt und verglichen werden (vgl. die nachfolgenden Transkripte). Solche Fallbeispiele, zumal wenn sie sich auf Ausschnitte von weniger als zwei Minuten Dauer beziehen, sind sicherlich gewagt. Sie ersetzen nicht die allgemeinen Forschungsbefunde, wie wir sie zuvor diskutiert haben, dienen aber zu deren Verständnis und Interpretation.

Die Unterrichtsstunden aus der TIMS-Videostudie decken ein sehr breites Spektrum an mathematischen Themen ab. Den Lehrern war keinerlei Einschränkung gemacht worden bei der Auswahl des Unterrichtsthemas oder der Methode. So ist es ein glücklicher Zufall, dass sich in zwei gymnasialen Stunden Gesprächsausschnitte identifizieren lassen, die exakt dasselbe Problem, nämlich die Behandlung von Fallunterscheidungen bei linearen Ungleichungen, zum Gegenstand haben. In der einen Stunde, die wir hier mit dem Code A bezeichnen wollen, wird die Ungleichung

$$X(X-4)>0$$

behandelt. Im zweiten Beispiel (Code B) wird die Ungleichung

$$(2X+1)(2X+4)<0$$

behandelt. In beiden Klassen war zuvor das Prinzip der Fallunterscheidung eingeführt worden, und die Schüler hatten verschiedene Ungleichungen bearbeitet. Unsere Transkriptausschnitte geben in beiden Fällen den kurzen, jeweils ein bis zwei Minuten dauernden Dialogausschnitt wieder, der von der genannten Ungleichung ausgeht und zu der Erkenntnis führt, dass und wie eine Fallunterscheidung vorzunehmen ist.

Aufgrund des erweiterten Untersuchungsdesigns in TIMSS-Deutschland lassen sich die beiden Klassen relativ gut charakterisieren: Im Hinblick auf die Leistungsentwicklung befinden sich beide im oberen Durchschnittsbereich unserer Stichprobe. Hinsichtlich der Motivationsentwicklung unterscheiden sich die beiden Klassen jedoch beträchtlich: Klasse B gehört hier zur Spitzengruppe: Die mittlere Entwicklung des Fachinteresses der Schüler dieser Klasse wird nur von 25 Prozent aller untersuchten Klassen übertroffen, das heißt, Klasse B hat bezüglich der Interessenentwicklung den Prozentrang 75. Klasse A hingegen erreicht nur einen Prozentrang von 49.

Deutlich unterschiedlich werden die beiden Klassen auch von den Videobeobachtern eingeschätzt. Sie stufen die Klasse B in allen drei Qualitätsdimensionen sehr hoch ein (Prozenträge 94 für Unterrichts- und Klassenführung, 79 für Schülerorientierung und 92 für kognitive Aktivierung), die Klasse A hingegen extrem niedrig (Prozenträge 2, 29 und 11) (vgl. auch Abbildung 12). Interessanterweise unterscheiden sich die beiden Stunden auch nach den Kriterien, die wir aus dem japanischen Modell abgeleitet haben: Klasse B hat für „Offenheit“ und „Fokussierung“ sehr hohe Prozenträge zu verzeichnen (88 bzw. 93), Klasse A hingegen niedrige (28 bzw. 60). Hinsichtlich der Wahrnehmung einer „Mediator-Rolle“ werden beide Lehrer als durchschnittlich eingestuft (Prozentrang jeweils 46).

Lässt sich nun in den kurzen Transkripten ein Unterschied in der Unterrichtsqualität belegen?

### Transkriptausschnitt Stunde A (Gymnasium)

- L Gut, und jetzt wissen wir, was wir zu tun haben, wenn wir dieses – diese Produktungleichung haben, die hier steht. Jetzt wissen wir Bescheid. Nils Alexander, wie würdest Du weitermachen?
- S Mh – zuerst – x minus 4 schreiben.
- L Na ja, welche Frage würdest Du Dir natürlich stellen?

Ss (Lachen)

L Welche Frage würdest Du Dir stellen, Katrin?

S Irgendeine.

L Du bist also auch hier?

Ich habe ein // Produkt hier, richtig? Und das Pro-

S // ( ) ein wahrer Satz.

S Ach so! Wann ist ein Produkt größer als Null?

L Sieh an. Wann ist ein Produkt größer als Null? Wann ist ein Produkt größer als Null?

S Wenn einer der beiden Faktoren größer als Null ist. Nein, wenn ein Faktor größer ist..

L Wenn // beide Fak...

S // Wenn beide Faktoren größer als Null sind.

L Oder?

S Kleiner.

L Okay, was müssen wir hier zur Lösung treffen?

S Fall- Fallunterscheidung.

L Hm, das hat aber lange gedauert.

Der Lehrer in Klasse A stellt zunächst eine sehr offene Frage („Wie würdest Du weitermachen?“), macht aber sogleich deutlich, dass es nur eine richtige Antwort geben kann („Na ja, welche Frage würdest Du Dir natürlich stellen?“). Zwei Aufrufe werden von Schülern mit ausweichenden Antworten, Lachen und einer Provokation („Irgendeine“) beantwortet. Dass nicht die aufgerufene Katrin, sondern jemand anderes antwortet, ist eine Regelverletzung, die vom Lehrer ebenfalls auf latent aggressiver Ebene quittiert wird („Du bist also auch hier?“). Mit einer Hilfestellung grenzt der Lehrer das Problem ein („Ich habe ein Produkt hier, richtig?“), auf die ein Schüler wiederum provokativ reagiert („Ein wahrer Satz“). Daraufhin hat offenbar ein anderer Schüler ein „Aha-Erlebnis“ und antwortet jetzt auf die Eingangsfrage („Ach so: Wann ist ein Produkt größer als Null?“). Nach einem „Lehrer-Echo“, einer falschen Schülerantwort, einer weiteren Eingrenzung der Frage auf eine Art Satzergänzung (Lehrer: „Wenn beide Fak...“) wird schließlich von Schülerseite die richtige Feststellung getroffen, und der Lehrer schließt den Dialog mit einer Frage ab, die ganz offensichtlich auf einen bestimmten Begriff abzielt: „Okay, was müssen wir hier zur Lösung treffen?“ Die passende Schülerantwort wird quittiert mit der Äußerung: „Hm, das hat aber lange gedauert.“

Wenn diese Interpretation (in die natürlich, wie immer bei solchen Interpretationen, Zusatzannahmen und Hintergrundwissen aufgrund der Kenntnis des Videos eingegangen sind) zutrifft, ist diese kurze Gesprächssequenz mit vielen der Probleme behaftet, die oben in Bezug auf „fragend-entwickelnden“ Unterricht genannt wurden. Von daher darf angenommen werden, dass das Ausmaß kognitiver Aktivierung hier in der Tat nicht sehr hoch ist. Die provokative und unterschwellig aggressive Stimmung mag auch die sehr niedrige Einschätzung bezüglich Unterrichts- und Klassenführung sowie Schülerorientierung illustrieren.

### **Transkriptausschnitt Stunde B (Gymnasium)**

L Gut, und jetzt sind wir an dem Punkt, wo wir gestern eine Aufgabe bearbeitet haben. Auf der linken Seite unserer Ungleichung haben wir ein Produkt von zwei Faktoren. Und dieses Produkt zweier Faktoren soll kleiner oder gleich null sein. Welche Möglichkeiten gibt es? Ganz allgemein erst mal. Ohne jetzt diese Werte zu betrachten.

S Gut, beide sind größer als Null.

L Beide größer – und das Produkt soll kleiner als Null sein? Dass...

S Nein, beide sind kleiner als Null?

L Na ja, dann – ist das der zweite Fall, der nicht geht.

S Uh – dann ist einer größer und einer kleiner.

- L Ja. Und dann haben wir – wie viele Möglichkeiten gibt es?  
 S Zwei  
 L Zwei. Richtig? Der Erste größer als Null, der Zweite kleiner als Null. Oder – der Erste kleiner als Null, der zweite größer als Null.  
 S Warum können nicht beide größer oder kleiner als Null sein?  
 L Sie können es, aber dann ist das Produkt nicht kleiner, sondern größer als Null. Wenn Du zwei positive Zahlen multiplizierst, ist das Ergebnis größer als Null. Das gleiche, wenn Du zwei negative multiplizierst.  
 S // Ja, und woher weiss ich ...  
 L // Deshalb – wenn das Produkt keiner oder gleich Null sein soll, muss einer der Faktoren negativ sein und gleichzeitig muss der andere positiv sein – oder umgekehrt. Siehst Du das?  
 S Ja.

Der Lehrer in Klasse B beginnt ebenfalls mit einer offenen Frage („Welche Möglichkeiten gibt es?“). Auch hier kommen zunächst zwei fehlerhafte Schülerantworten, die vom Lehrer mit einer kritischen Gegenfrage („Und das Produkt soll kleiner als Null sein?“) bzw. mit einer kurzen Bewertung („Der zweite Fall, der nicht geht“) beschieden werden. Auf die dritte Schüleräußerung reagiert auch dieser Lehrer mit einer sehr engen Frage („Wie viele Möglichkeiten gibt es?“), um anschließend die beiden Alternativen der Fallunterscheidung selbst auszuformulieren und auch an der Tafel zu notieren. Interessanterweise gibt sich ein Schüler mit diesen Aussagen des Lehrers nicht zufrieden, sondern fragt nach einer Begründung: „Warum können nicht beide größer oder kleiner als Null sein?“ Der Lehrer gibt eine Begründung, bezieht sich dabei auf allgemeines algebraisches Wissen (das Produkt zweier positiver Zahlen ebenso wie das Produkt zweier negativer Zahlen ist immer größer als Null), wird nochmals durch eine Rückfrage des Schülers unterbrochen („Ja, und woher weiss ich ...?“), setzt seine Erläuterung fort und schließt sie letztlich mit einer Vergewisserung ab (Lehrer: „Siehst Du das?“, Schüler: „Ja.“).

Im Unterschied zur Stunde A fällt zunächst einmal auf, dass das Gespräch hier sachlich und ruhig, ohne jede Störung und ohne aggressive Untertöne geführt wird. Zum Zweiten fällt auf, dass der Lehrer noch zielstrebig (ohne Nebenbemerkungen, aber auch mit einem hohen Anteil eigener, informierender Aussagen) auf die Problemlösung zusteuert. Diese Beobachtungen können die positiven Bewertungen in Bezug auf „Unterrichts- und Klassenführung“ begründen. Auf Rückfragen von Schülerseite geht der Lehrer sachlich ein, ist also in diesem Sinne „schülerorientiert“. Besonders wichtig ist der letzte Teil des Transkripts. Dass ein Schüler von dem Lehrer eine Begründung einfordert, ist in unserem Videomaterial ein sehr seltenes Ereignis. Dies und die Tatsache, dass der Lehrer hierauf in einem mehrschrittigen argumentativen Dialog eingeht, begründet die positive Bewertung in Bezug auf „kognitive Aktivierung der Schüler“. Sicherlich wären im Sinne eines konstruktivistischen Unterrichts mehr Rückfragen, Verweise an andere Schüler, weniger rein informative Aussagen von Seiten des Lehrers wünschenswert, aber im Vergleich zu dem, was als Durchschnittsrealität deutschen Mathematikunterrichts in der TIMS-Videostudie beobachtbar war, handelt es sich hier in der Tat um einen Unterrichtsdialog, der außergewöhnlich gut strukturiert und auf einem hohen kognitiven Aktivierungsniveau verläuft.

Die Detailanalyse der verbalen Interaktion und die globale Einschätzung nach Grunddimensionen der Unterrichtsqualität stützen und ergänzen sich also wechselseitig. Die Detailanalyse lässt allerdings auch erahnen, wie schwierig es ist, Unterrichtsqualität konkret, im Alltag des Lehrerhandelns bis in einzelne Gesprächssequenzen hinweg dingfest zu machen. Noch schwieriger wird es sein, in der Lehreraus- und -weiterbildung Sensibilität für die unterschiedlichen Dimensionen guten Unterrichts zu schaffen, kritische Verhaltensweisen aufzudecken und nachhaltige Verbesserungen der didaktischen Handlungskompetenz zu erreichen. Wir sind überzeugt, dass eine intensive Auseinandersetzung mit videographierten Unterrichtsbeispielen, wie sie etwa durch die beiliegende CD-ROM ermöglicht wird, hierzu einen wesentlichen Beitrag liefern kann.



**Konsequenzen  
und Reformimpulse**

## Das BLK-Modellprogramm „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“

### Konzeption, Arbeitsthemen und bisherige Ergebnisse des Programms

MANFRED PRENZEL

Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel

Die Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (BLK) hat im Herbst 1998 mit der Einrichtung eines Modellprogramms zur Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts Konsequenzen aus den Untersuchungsbefunden von TIMSS gezogen. In einem bundesweiten Netz von Schulen werden Verfahren eingesetzt und erprobt, die zur Verbesserung von Lehren und Lernen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht beitragen. Das Modellprogramm zeichnet sich durch einen fachspezifischen Ansatz der Qualitätssicherung bzw. Qualitätsentwicklung aus, der wissenschaftlich begleitet und unterstützt wird.

Der vorliegende Beitrag skizziert die Konzeption des Programms, beschreibt die inhaltlichen Ansatzpunkte, die Organisationsstruktur und die wissenschaftliche Begleitung und gibt einen Ausblick über den derzeit erreichten Stand.

59

### Die Konzeption des Programms

Die Grundzüge des Modellprogramms hat eine Expertengruppe unter Federführung von PROF. DR. JÜRGEN BAUMERT ausgearbeitet (BAUMERT u.a. 1997). Diese Expertise beschreibt typische Problembereiche des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts in Deutschland: Der Unterricht ist fachlich zwar meist solide, didaktisch und methodisch jedoch einförmig. Dabei werden kurzfristige Behaltensleistungen und Routinen betont. Das Anwenden von Wissen und das problemlösende Herangehen treten demgegenüber in den Hintergrund. Die Unterrichtsgespräche vermischen Lern- mit Leistungssituationen und lassen wenig Möglichkeiten, aus Fehlern zu lernen. Die Lehrstoffe werden häufig nur additiv aneinander gehängt und nicht aufbauend und ausdifferenzierend entwickelt. Das Wissen wird so wenig vernetzt und die Schüler spüren kaum, wie sie über ihr Lernen und ihre Anstrengung ihr Können Stück um Stück weiterentwickeln.

Um diese Probleme des deutschen Unterrichts in der Mathematik und den naturwissenschaftlichen Fächern zu bearbeiten, setzt das Modellprogramm auf der Ebene der Schule an. Dort sollen in den Fachgruppen Prozesse der Qualitätssicherung in Gang gesetzt werden, die auf eine Verbesserung des Lehrens und Lernens im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht abzielen. Die Lehrkräfte überdenken gemeinsam Muster und Wirkungen ihrer Unterrichtsführung und entwickeln diese weiter. Die neuen Zugänge werden erprobt; wenn sie sich als wirksam erweisen, bemühen sich die Lehrkräfte um eine entsprechende Veränderung ihrer Handlungsroutinen. Das Evaluieren und Dokumentieren entsprechender neuer Entwicklungen ist die Voraussetzung für einen Austausch zwischen den Schulen und für das Profitieren von den Erfahrungen anderer.

Die Schulen und Lehrkräfte kooperieren untereinander in überschaubaren Schulnetzen. Sie erhalten wissenschaftlich fundierte Anregungen, Unterstützungen und Beratung durch den Programmträger, das Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN) in Kiel, und die beteiligten Fachdidaktiker. Das Programm zielt damit nicht nur darauf ab, den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht zu verbessern und wirksame Unterrichtskonzepte zu erproben. An den Schulen sollen Maßnahmen zur Sicherung der Qualität des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts eingerichtet und für die Kollegien selbstverständlich werden. Die Arbeit in den Schulnetzen ist langfristig darauf angelegt, weitere Schulen in den Austausch einzubeziehen.

Als Grundlage für den Einstieg in die Qualitätsentwicklung dienen so genannte „Module“. Sie beziehen sich auf wichtige Problembereiche des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts. Innerhalb dieser Bausteine können die Lehrkräfte bzw. Fachgruppen in absehbarer Zeit Fortschritte erreichen, ohne sofort den gesamten Unterrichtsansatz zu verändern. Die Module sind jedoch so ausgewählt und angelegt, dass sich Veränderungen in absehbarer Zeit auf den gesamten Unterrichtsansatz auswirken. Es wird somit eine „evolutionäre“ Verbesserung des Unterrichts angestrebt, die an den jeweiligen Unterrichtsbedingungen ansetzt, und die in der Zusammenarbeit von Lehrkräften entwickelt und erprobt wird.

## Im Zentrum der Arbeit: Die Module

Die Schulen wählen aus einem Angebot von insgesamt elf Modulen aus. Sie haben die Möglichkeit, Module zu kombinieren und Schwerpunkte zu setzen, um die aus ihrer Sicht vordringlichen Probleme zu bearbeiten. Die elf Module werden im Folgenden kurz vorgestellt (ausführlicher z.B. in: BAUMERT u.a. 1997; PRENZEL 2000; PRENZEL & DUIT 1999).

Im Modul (1) „*Weiterentwicklung einer Aufgabenkultur*“ werden die im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht verwendeten Aufgaben und Problemstellungen unter didaktischen Funktionen überprüft und verbessert. Ziel ist die Entwicklung von neuen Aufgabentypen, die einen stärkeren Anwendungsbezug aufweisen, mehrere Lösungswege zulassen oder systematisch früheren Stoff aufgreifen und wiederholen.

Das Modul (2) „*Naturwissenschaftliches Arbeiten*“ fordert dazu auf, mit „Verstand“, also theoriegeleitet und fragestellungsbezogen zu experimentieren. Die Lehrkräfte befassen sich mit der Einführung in naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen und leiten zu einer durchdachten Planung, Begründung, Durchführung, Auswertung und Interpretation von Versuchen an.

Das Modul (3) „*Aus Fehlern lernen*“ trennt systematisch zwischen Lern- und Leistungssituationen. Fehler sind ein wichtiger, in gewisser Weise sogar notwendiger Bestandteil von Lernprozessen; in Leistungssituationen dagegen sind Fehler tunlichst zu vermeiden. Verständnisfehler oder unzutreffende Alltagsvorstellungen sind Lerngelegenheiten, die im Unterricht genutzt werden können und müssen. Voraussetzung dafür ist, dass Lehrkräfte Schülervorstellungen und Fehler differenziert wahrnehmen und interpretieren.

Beim Modul (4) „*Sicherung von Basiswissen*“ geht es einmal darum, die Anwendung von Grundfertigkeiten unter verschiedenen Bedingungen zu sichern. Dies bedeutet nicht, eine Automatisierung von Fertigkeiten ohne Verständnis zu fördern. Im Blickpunkt stehen also Möglichkeiten eines „intelligenten“ Übens. Ein zweiter Aspekt betrifft die Tatsache, dass Schüler innerhalb einer Klasse zu einem Verständnis auf unterschiedlichen Ebenen gelangen. Eine wichtige didaktische Herausforderung und Aufgabe für die Lehrkräfte besteht darin, für anstehende Inhalte Niveaus des Verstehens zu differenzieren, die je nach Vorwissen erreicht werden können.

Das Modul (5) *„Zuwachs von Kompetenz erfahrbar machen“* betont das kumulative Lernen, bei dem Wissensstrukturen ausdifferenziert werden (von grundlegenden und allgemeinen Konzepten zu feinen und speziellen). Voraussetzung dafür ist eine systematisch aufbauende Anordnung des Lehrstoffs und die entsprechende Gestaltung der Lernwege. Eine wichtige Rolle spielen dabei Verknüpfungen, die zwischen früheren, aktuellen oder auch zukünftigen Lerninhalten hergestellt werden. Die Lehrkräfte befassen sich unter dem Modul auch mit der Frage, wie den Schülern eine konkrete Vorstellung über das angestrebte Können vermittelt werden kann, damit sie selbst ihre Lernfortschritte an diesen Zielen beurteilen können.

Das Modul (6) *„Fächergrenzen erfahrbar machen“* behandelt das fachübergreifende und das fächerverbindende Arbeiten. Will man mathematische und naturwissenschaftliche Lehrstoffe auf Phänomene oder Probleme der Alltagswelt von Jugendlichen beziehen, müssen herkömmliche Grenzen zwischen den Schulfächern überschritten werden. Welches Arrangement gewählt wird, hängt von den Stoffen, Zielstellungen und organisatorischen Spielräumen ab. Für den Erfolg fachübergreifender oder fächerverbindender Unterrichtszugänge im Sinne eines tieferen Verständnisses ist es wichtig, Phänomene aus verschiedenen Fachperspektiven zu betrachten und sich Nutzen und Grenzen dieser Sichtweisen beim Lösen von Problemen bewusst zu machen. Entsprechende Konzepte für den Unterricht und die schulfachüberschreitende Kooperation müssen beispielhaft entwickelt und erprobt werden.

Das Modul (7) *„Förderung von Mädchen und Jungen“* spricht die Interessendifferenzen und Leistungsunterschiede zwischen den Geschlechtern an. Bedingungen dieser, im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich stark ausgeprägten Differenzen sind relativ gut untersucht. Es hat sich gezeigt, dass einfache Maßnahmen (z.B. die bloße Aufhebung koedukativen Unterrichtens zu Gunsten reiner Mädchen- und Jungenkurse) nicht ausreichen, um die Unterschiede zu verringern. In diesem Modul geht es deshalb vor allem darum, andere Fragestellungen, Anwendungsbeispiele und Arbeitsformen zu wählen bzw. zu entwickeln, um den Interessen und Erfahrungen von Mädchen wie Jungen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht gerecht zu werden.

Ein didaktisch gut vorbereitetes *„Kooperieren der Schüler“*, auf das Modul (8) abzielt, ermöglicht nicht nur soziales, sondern auch vertieftes kognitives Lernen. Kooperative Arbeitsformen veranlassen dazu, Gedachtes sprachlich verständlich zu fassen, zu argumentieren, andere Perspektiven einzunehmen und mit abweichenden Ansichten und Urteilen umzugehen. Die Aufgabenstellungen müssen inhaltlich so angelegt sein, dass Kooperation sinnvoll und lernwirksam wird; außerdem müssen die Schüler mit Strukturen effektiver Zusammenarbeit vertraut werden.

Das Modul (9) *„Verantwortung für das eigene Lernen stärken“* betrifft die Selbststeuerung des Lernens und motivationale Bedingungen. Die Bereitschaft und die Fähigkeit, selbstverantwortlich und selbstreguliert zu lernen und dabei wirksame Strategien zu verwenden, müssen im Fachkontext entwickelt werden. An entsprechenden Unterrichtsansätzen arbeiten die Lehrkräfte unter diesem Modul. Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht kann zur Entwicklung dieser Kompetenz beitragen, indem Gelegenheiten gegeben werden, eigenständig Lösungen zu erarbeiten sowie unterschiedliche Übungsformen zu erproben und das Lernen selbst zu strukturieren und zu überwachen. Damit die Schüler ihre Motivation selbst zu steuern lernen, brauchen sie Spielräume und geeignete, einfühlsame Rückmeldungen.

Ob ein verständnis- und problemorientierter Unterricht lernwirksam wird, hängt nicht zuletzt von der Art der Prüfungen ab. Das Modul (10) *„Prüfen: Erfassen und Rückmelden von Kompetenzzuwachs“* fordert zur kritischen Untersuchung und Weiterentwicklung der Prüfungsaufgaben auf, die im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht verwendet werden. Es sollen variationsreiche Prüfungsaufgaben entwickelt werden, die nicht nur Routinewissen erfassen, sondern auch fachliches Verständnis, die Kombination des neu erworbenen Wissens mit früherem Stoff und die Übertragung und Anwendung auf neue Situationen. Vor allem müssen die Prüfungen auch so angelegt sein, dass sie Aussagen über individuelle Fortschritte zulassen.

Das Modul (11) „*Qualitätssicherung innerhalb der Schule und Entwicklung schulübergreifender Standards*“ setzt gewissermaßen auf einer übergeordneten Ebene an. Will man an der Schule die Qualität des Unterrichts voranbringen, sind Bestandsaufnahmen nötig. Dazu müssen Kriterien diskutiert, abgestimmt und konkretisiert werden, die aus der Sicht der Fachgruppe geeignet sind, den Stand des Wissens und Könnens in Mathematik und in den Naturwissenschaften zielbezogen zu erfassen. Mithilfe kriterienbezogener Aufgaben, die gemeinsam in den Fachgruppen erarbeitet werden, können der Leistungsstand und die Leistungsfortschritte der Schüler reflektiert werden. Die schulinternen Leistungskriterien und Erhebungsverfahren dienen als Grundlage für die Verständigung über schulübergreifende Qualitätsstandards.

Zu diesen elf Modulen hat der Programmträger umfangreiche schriftliche Handreichungen und Erläuterungen bereitgestellt. Sie enthalten differenzierte Darstellungen der entsprechenden Problemzonen und des einschlägigen Forschungsstands. Sie strukturieren und akzentuieren den jeweiligen Problembe- reich, skizzieren Möglichkeiten der Bearbeitung und weisen auf eventuelle Schwierigkeiten hin. Die Handreichungen enthalten zur Veranschaulichung auch Beispiele für Weiterentwicklungen, jedoch keine Vorschläge für Maßnahmen, die rezeptartig übernommen und umgesetzt werden können.

Eine Funktion der Modulerläuterungen bestand darin, den Lehrkräften bzw. Schulen zu helfen, wahrgenommene Probleme zu präzisieren, klare Zielvorstellungen für die Arbeit zu formulieren und in den Fachgruppen bzw. in den regionalen Schulnetzen abzustimmen. Auf dieser Basis erfolgte die Auswahl von ein bis zwei vorrangig zu bearbeitenden Modulen. Unter Rückgriff auf die Erläuterungen war dann das Arbeitsvorhaben über Zielklärungsprozesse zu spezifizieren und schriftlich zu fixieren. Die Module bzw. die dazugehörigen Erläuterungen sind somit die wichtigsten inhaltlichen Bezugspunkte für eine Verständigung innerhalb des gesamten Modellprogramms. Sie repräsentieren eine umfassende Wissensgrundlage und ein problemorientiertes Ziel- und Handlungsgerüst. In ihrer Vernetzung sind die Module die Ansatzpunkte für eine sukzessive Weiterentwicklung des gesamten Unterrichtsarrangements.

## Organisation

Am Modellprogramm beteiligen sich 15 Bundesländer mit insgesamt 180 Schulen. Die Schulen wurden von den Ländern benannt. Für die Mitwirkung am Programm erhalten die Schulen bzw. die beteiligten Lehrkräfte Ausgleichsstunden. Die Finanzierung des auf fünf Jahre angelegten Modellprogramms übernimmt zur Hälfte der Bund, die andere Hälfte tragen anteilmäßig die Länder.

Die Schulen sind jeweils in kleine regionale Schulnetze (insgesamt 30 so genannte „Schulsets“) eingebunden. Die Schulsets umfassen jeweils sechs Schulen. Eine der Schulen übernimmt als so genannte Pilotschule eine hervorgehobene Position. Für jedes Schulset steht eine (halbe) Koordinationsstelle zur Verfügung, die durch die Länder besetzt wurde und an einem Landesinstitut, einer der Schulen oder einer anderen Einrichtung lokalisiert ist. Die Aufgaben der Setkoordination betreffen organisatorische Aufgaben (z.B. Planung, Dokumentation, Austausch sicherstellen), vor allem aber die Betreuung und Unterstützung der Arbeit an den Modulen.

Die Gesamtkoordination und die wissenschaftliche Begleitung des Modellprogramms wurde dem Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN) an der Universität Kiel übertragen (Projektleitung: PROF. DR. MANFRED PRENZEL). Es arbeitet mit dem Staatsinstitut für Schulpädagogik und Bildungsforschung (ISB) in München und mit dem Lehrstuhl für Mathematik und ihre Didaktik (PROF. DR. PETER BAPTIST) der Universität Bayreuth zusammen, um die mathematikdidaktische Betreuung sicherzustellen.

Der Programmträger organisiert den Programmablauf, regt Innovationen an, ist zuständig für die wis-



senschaftliche Beratung (im Bereich der Mathematik- bzw. Naturwissenschaftsdidaktik sowie zu Fragen des Lernens und Lehrens), die Ergebnissicherung und Begleitforschung sowie die Fortbildung, und koordiniert den Austausch zwischen den Schulen. Der Programmträger versorgt die Schulen mit Materialien zu den Modulen, unterbreitet Vorschläge für systematische Herangehensweisen, macht mit Evaluationsverfahren vertraut und entwickelt Formate für die Dokumentation und Berichterstattung. Er bietet zentrale Fortbildungen für die Lehrkräfte und Koordinatoren an. Er begleitet die Arbeit an den Schulen, berät und stellt gegebenenfalls Kontakte zu weiteren sachkundigen Personen oder Einrichtungen her.

Als Austauschforum für die beteiligten Schulen wurde ein zentraler Server (<http://blk.mat.uni-bayreuth.de/blk/blk/>) eingerichtet. Der Server unterstützt die regionale und bundesweite (interne) Diskussion und Zusammenarbeit und präsentiert Informationen bzw. Ergebnisse (Materialien, Aufgaben, Verfahren, Arbeits- oder Evaluationsberichte).

Im Auftrag der BLK ist Schleswig-Holstein das federführende Land für die Abwicklung des Modellprogramms. Die Arbeit im Programm wird durch einen Lenkungsausschuss überwacht, der aus Vertreterinnen und Vertreter des Bundes und der teilnehmenden Ländern besteht. Als Beratungsgremium wurde ein wissenschaftlicher Beirat mit Experten aus den einschlägigen Gebieten besetzt. Der wissenschaftliche Beirat hat unter anderem dafür Sorge zu tragen, dass die Arbeit im Modellprogramm nach wissenschaftlichen Standards evaluiert wird.

## Die wissenschaftliche Begleitung

Zur Unterstützung der Schulen in ihrer Qualitätsentwicklung hat der Programmträger zu allen Modulen Handreichungen erarbeitet. Ziel ist, bei den Lehrkräften didaktisches Problembewusstsein zu wecken, die Wahrnehmung von Unterricht zu schärfen, wichtige Prinzipien vorzustellen und mögliche Maßnahmen oder Vorgehensweisen zu beschreiben. Die Module beschreiben aber auch einen Bezugsrahmen für eine weiterführende *mathematik- und naturwissenschaftsdidaktische Forschung*. Größere und kleinere Forschungsarbeiten zu zentralen Modulen (z.B. Aufgabenkultur, Schülervorstellungen, vertikale Vernetzungen, naturwissenschaftliches Arbeiten) wurden beim Programmträger oder bei einschlägig ausgewiesenen Instituten bzw. Fachkollegen in Angriff genommen.

Um die Leistungen des Programmträgers verbessern zu können, finden *Erhebungen zur Akzeptanz des Programms* statt. Erläuterungen, Materialien, Beratungen und Fortbildungsangebote werden ebenso wie die zentralen und regionalen Organisations- und Koordinationsleistungen von den beteiligten Lehrkräften beurteilt. Wichtige Gesichtspunkte betreffen die Struktur und Verständlichkeit, die Unterrichtsnähe und Nützlichkeit. Die Erhebungsverfahren sind so angelegt, dass sie konkrete Hinweise für Verbesserungen liefern.

Eine umfassende Akzeptanzerhebung wurde Anfang 2000 durchgeführt. Sie zeigt, dass das Programm sehr gut „in Gang gekommen“ ist: Die Lehrkräfte investieren ein Vielfaches der Zeit, die ihnen über Entlastungsstunden erstattet wird. In den Fachgruppen wird rege, ziel- und produktorientiert zusammengearbeitet. Die Kooperationen erstrecken sich nicht nur über die regionalen Sets, sondern über das gesamte Netzwerk. Für viele Schulen ist der Server ein wichtiges und nützliches Hilfsmittel. Die Unterstützungen durch die Koordinatoren und den Programmträger werden gut angenommen. Die Befragungen liefern aber auch Hinweise auf mögliche Verbesserungen von Erläuterungen und Handreichungen und informieren über Fortbildungswünsche und Beratungsbedarf.

Die *summative Erfolgskontrolle* bezieht sich auf mehrere Aspekte. An den beteiligten Schulen wird, so das Gutachten zum Programm, eine Verbesserung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts, des mathematisch-naturwissenschaftlichen Kompetenzniveaus und des fach- und sachbezogenen

Interesses angestrebt. Bis zum Ende des Programms sollten entsprechende Fortschritte an den beteiligten Schulen festzustellen sein, einerseits generell, andererseits bezogen auf die im jeweiligen Schulset schwerpunktmäßig bearbeiteten Module. Entsprechende Entwicklungen sollten sich nicht nur bei einzelnen Lehrkräften niederschlagen, sondern im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht an der Schule insgesamt. An den Schulen sollten weiterhin Verfahren der Qualitätssicherung (z.B. Absprachen von Standards, kollegiale Fortbildungen und Evaluationen) fest eingerichtet sein und konsequent betrieben werden. Eine erste Erhebung zu den Ausgangsbedingungen an den Schulen fand im Frühjahr 2000 statt. Die Abschlusserhebung wird dann im Jahr 2003 Veränderungen in der Unterrichtsgestaltung, die Einrichtung von Qualitätssicherungsverfahren und die Entwicklung genereller und modulbezogener mathematisch-naturwissenschaftlicher Kompetenzen an den Schulen überprüfen.

Ein letzter Aspekt der wissenschaftlichen Begleitung betrifft die *Implementation*. Unter dieser Perspektive interessiert, wie das Programm an den Schulen aufgegriffen und umgesetzt wird und welche Bedingungen bzw. Prozesse die Realisierung behindern oder fördern. Dabei wird auch untersucht, welche Unterstützungen oder Maßnahmen geeignet sind, um über Schwierigkeiten hinweg zu helfen. Geplant sind auch Fallstudien, die umfassende Informationen über das Geschehen an ausgewählten Schulen mithilfe ergänzender Interviews erheben. Nicht zuletzt wird durch die Implementationsstudien untersucht, unter welchen Voraussetzungen und Bedingungen ein entsprechendes Qualitätsentwicklungskonzept über die Modellversuchsschulen hinaus an Schulen etabliert werden kann.

## Der aktuelle Stand

Mit der Zusammenstellung der Schulsets hat im Herbst 1998 die Arbeit an den Schulen begonnen. Die erste Arbeitsphase war bestimmt durch organisatorische Vorbereitungen, die Einarbeitung in die Modulerläuterungen, die Abstimmung von Schwerpunkten und Festlegung von Zielen in der Schule und im Schulset.

Fast alle Modellversuchsschulen bemühen sich um eine Verbesserung des Mathematikunterrichts, der sich bei den TIMS-Studien als besonders entwicklungsbedürftig erwiesen hat, und der auch einen größeren Anteil der Stundentafel belegt. Die Anteile der drei naturwissenschaftlichen Fächer fallen demgegenüber etwas geringer aus; auch sind hier die Fachgruppen an vielen Schulen im Vergleich zur Mathematik personell weniger stark besetzt.

Die Arbeit an den Schulen konzentriert sich, wie in der Expertise vorgeschlagen, weitgehend auf die Sekundarstufe I, und dabei besonders auf die 7. bis 9. Jahrgangsstufe. Viele Schulen verfolgen dabei die Strategie, den Unterricht über fortlaufende Jahrgangsstufen Stück um Stück weiter zu entwickeln.

Da die Schulen aufgrund der von ihnen wahrgenommenen Probleme über die Arbeitsschwerpunkte entscheiden sollten, hat der Programmträger keinen Einfluss auf die Modulwahl genommen. Die meisten Schulen haben von Anfang an Kombinationen von zwei oder drei Modulen ausgewählt. Favorit bei der Modulwahl war das Modul (1), Weiterentwicklung einer Aufgabenkultur.

Das starke Interesse an der Weiterentwicklung von Aufgaben ist durchaus aufschlussreich. In diesen Bereichen scheinen insbesondere die Mathematiklehrkräfte einen großen Entwicklungsbedarf zu erkennen. Hinzu kommt, dass Aufgaben für Lehrkräfte ein gut abgegrenztes und vertrautes Terrain darstellen, auf dem vorsichtig mit Veränderung begonnen werden kann. Allerdings haben die Arbeitsgruppen schnell festgestellt, dass es nicht genügt, nur neue Aufgaben vorzulegen. Damit anwendungs- und problemorientierte Aufgaben von den Schülern sinnvoll bearbeitet werden können, muss auch das gesamte Unterrichtskonzept stärker problem- und anwendungsbezogen ausgerichtet werden.

Neben den inhaltlichen, durch die Module bestimmten Arbeiten befassen sich die Schulen mit Verfah-

ren der formativen bzw. kollegialen Evaluation. Die Bemühungen des Programmträgers richteten sich insbesondere darauf, Entwicklungen (z.B. neue Aufgaben) ziel- und kriterienorientiert durch die Fachkollegen beurteilen zu lassen. In Fortbildungen wurden Verfahren der Aufgabenanalyse, der kollegialen Beurteilung bzw. geeignete Untersuchungsformen (z.B. „Lautes Denken“ bei ausgewählten Einzelfällen, Extremgruppenanalysen) vorgestellt und geübt, die unterrichtsnah und mit vertretbarem Aufwand eingesetzt werden können. Für die Dokumentation von Entwicklungsarbeiten und Evaluationsbefunde wurden Berichtsformate angeboten, die zur Übersichtlichkeit und Vergleichbarkeit der Ergebnisse beitragen.

Viele Schulen und Schulsets haben inzwischen begonnen, ihre Arbeiten nicht nur den anderen Schulen im regionalen oder bundesweiten Netz zur Verfügung zu stellen, um diese auszutauschen und zu diskutieren. Auf dem zentralen Server wird ein zunehmender Teil von Arbeiten öffentlich zugänglich gemacht. Dieser Server (<http://blk.mat.uni-bayreuth.de/blk/blk/>) präsentiert auch zahlreiche Erläuterungen, Handreichungen und Materialien, die der Programmträger bereitgestellt bzw. bei Fachkollegen in Auftrag gegeben hat. Die Aufbereitung dieser Materialien ist durch den Arbeitscharakter bestimmt. Über die Laufzeit des Modellprogramms sollen die evaluierten und verbesserten Arbeitsbeispiele und Erläuterungen so überarbeitet werden, dass sie für eine Verbreitung an andere Lehrkräfte und Schulen geeignet sind.

Über Erfahrungen und Ergebnisse aus dem Modellprogramm liegen inzwischen zahlreiche Publikationen vor. So haben die Schulsets aus Baden-Württemberg einen Arbeitsbericht veröffentlicht (HENN 1999), der die Startphase an den Schulsets beschreibt (DIEFENBACHER & WURZ 1999; HEUBER 1999) und auf besondere Aspekte der dortigen Schwerpunkte, zum Beispiel Aufgabenvariation (SCHUPP 1999) und veränderte Einstellungen und Handlungsmuster (KÖHLER 1999) eingeht. Einen Eindruck von den Arbeiten in mehreren Bundesländern vermittelt ein Themenheft zum Physikunterricht (DUIT 1999). An Beispielen werden hier die Herangehensweisen und ersten Ergebnisse zur Arbeit an den Modulen „Aufgabenkultur“ (HEPP 1999), „Naturwissenschaftliches Arbeiten“ (HERBST 1999) und „Lernen aus Fehlern“ (MAIER 1999) vorgestellt. In ähnlicher Weise wurden neuere Unterrichtskonzepte und Erfahrungen aus dem Chemieunterricht publiziert (STÄUDEL 2000; THEUNE & STAMME 2000). Über die Arbeiten in den Bundesländern Rheinland-Pfalz (WEBER 1999) oder Thüringen (THÜRINGER INSTITUT FÜR LEHRERFORTBILDUNG, LEHRPLANENTWICKLUNG UND MEDIEN 2000) liegen weitere aktuelle Berichte vor. Eine Aufgabe des Programmträgers wird es sein, all diese Erfahrungen bis zum Ende des Modellprogramms auszuwerten und Möglichkeiten der Verbreitung zu entwickeln. Die Erkenntnisse sollten insbesondere den Kollegen an deutschen Schulen zugänglich gemacht werden, aber auch Eingang finden in die Lehrerbildung bzw. Lehrerfortbildung.



# Konsequenzen und Reformimpulse

## Aus der Praxis des Modellprogramms: Mathematikunterricht verändern – Verständnis fördern

PETER BAPTIST  
Universität Bayreuth

Lernen ist ein aktiver, konstruktiver, kumulativer und zielorientierter Prozess. Die Schule muss sich daher von einem Ort der Belehrung, wo Wissen von den Lehrkräften „serviert“ wird, zu einem Ort des Lernens wandeln. Diese Forderung ist nicht neu (vgl. z.B. WINTER 1989, S. 4 f.), aber die tatsächliche Umsetzung lässt immer noch auf sich warten.

Orientierung und Hilfe für diesen Wandlungsprozess bieten auch die Module der Expertise zu dem Modellprogramm *Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts*. Das Engagement der am Programm beteiligten Lehrkräfte ist beeindruckend. Die Zusammenarbeit in den Kollegien wurde wiederbelebt bzw. intensiviert. Unterrichtskonzepte und -materialien wurden gemeinsam entwickelt, erste Erfolge stellen sich mittlerweile ein (vgl. unter anderem KÖHLER 2001; WEBER 1999). Mit dem zentralen BLK-Server in Bayreuth wird für viele Beteiligte erstmals ein neuer Weg der Information und Kommunikation genutzt.

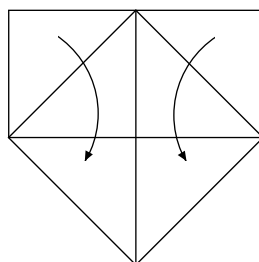
### Problemorientiert unterrichten

Mathematische Lehrsätze und Algorithmen haben ihren Ursprung in mathematischen bzw. mathematisch fassbaren Problemstellungen. Solche Probleme treten in der Forschung und in der Praxis niemals isoliert auf, sondern immer in Problemkontexten, das heißt in komplexeren Situationen. Das bedeutet, dass wir uns auch im Mathematikunterricht auf Problemkontexte beziehen sollten. Dadurch wird ein Sinnzusammenhang gestiftet, der das Verständnis und damit trivialerweise das Lernen erleichtert. Nicht die fertige (Lehrbuch-)Mathematik darf am Anfang stehen, denn jede Theorie geht aus der Praxis hervor, so wie eine Theorie ihrerseits wieder neue Praxis hervorbringen kann. Diese wechselseitige Verschränkung lässt sich auch im Unterricht deutlich machen.

Auf eine lange Tradition im Schulunterricht kann der Lehrsatz des Pythagoras verweisen. Heutzutage wird er meist im Rahmen der Ähnlichkeitsgeometrie behandelt. Dadurch bleibt allerdings zunächst verborgen, dass es sich eigentlich um einen Flächensatz handelt. Daher sollte ein anderer Zugang gewählt werden.

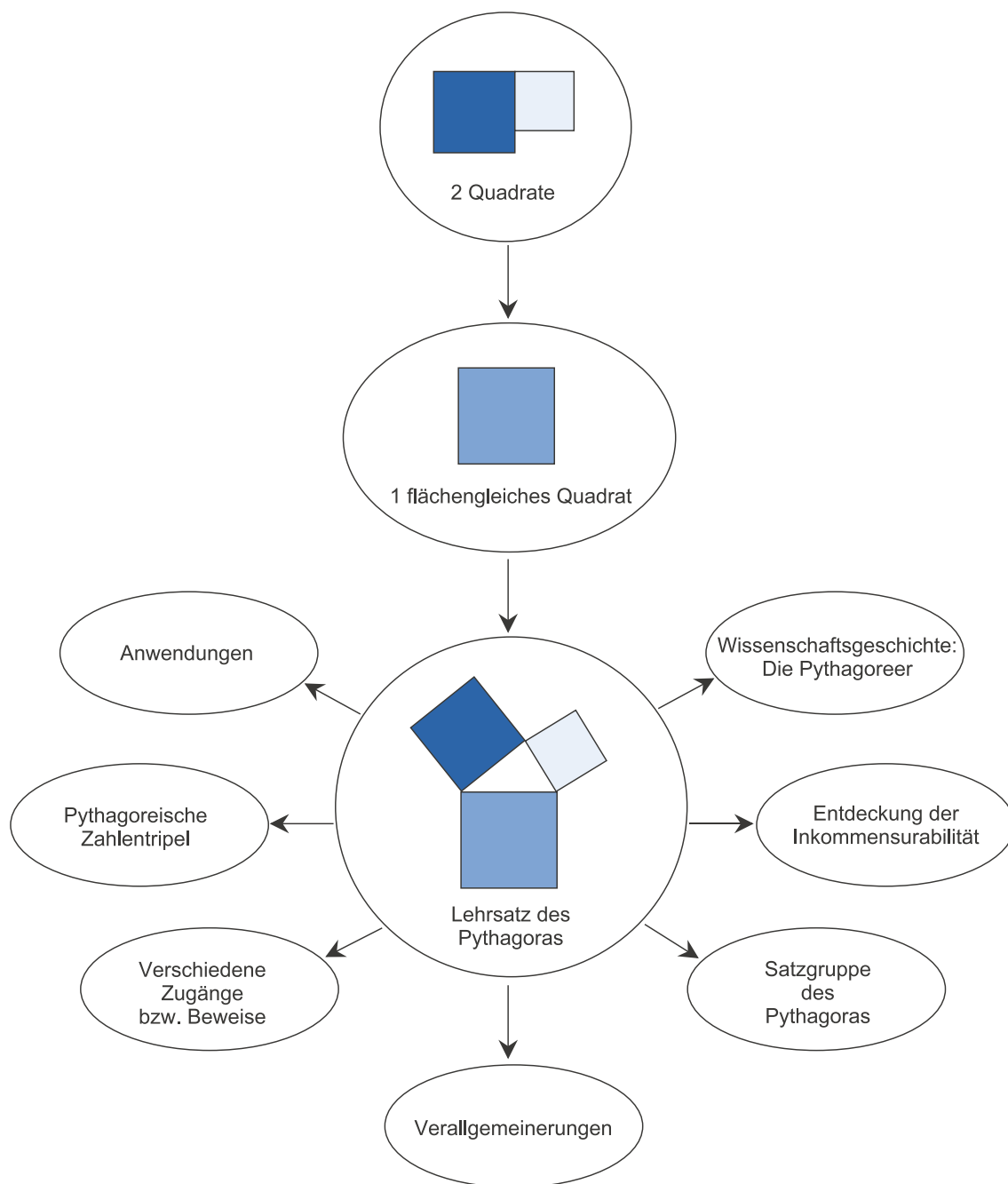
Ein Experimentieren unter Zuhilfenahme von dynamischer Mathematik bietet sich an. Dabei wird versucht, die für den Spezialfall (beide Quadrate sind kongruent) erfolgreiche Vorgehensweise auf den allgemeinen Fall zu übertragen.

Aus zwei Quadraten soll ein einziges flächengleiches Quadrat erzeugt werden.



Dies gelingt in einer modifizierten Form. Einzelheiten der Vorgehensweise finden sich bei BAPTIST (1997). Besonders anschaulich lässt sich diese Thematik als Lernumgebung im Internet bzw. auf CD-ROM erleben (siehe GEONEXT-TEAM 2001). Dieser „dynamische Pythagoras“ eignet sich zur Demonstration im Unterricht, zum individuellen Erarbeiten und zum eigenständigen Wiederholen.

**Abbildung 13: Unterrichtsthema in Zusammenhang mit dem Lehrsatz des Pythagoras**



Die Abbildung 13 soll verdeutlichen, dass es bei der Behandlung des Lehrsatzes des Pythagoras um wesentlich mehr als das verbale Einprägen eines Satztextes geht.

In diesem Beziehungsreichtum liegt unter anderem die Bedeutung des „Pythagoras“ für den Unterricht. Zudem lässt sich das Entstehen von Mathematik exemplarisch aufzeigen. Das problemorientierte Vorgehen führt zur Entdeckung eines Lehrsatzes. Dieser kann dann als Instrument für die Lösung weiterer Probleme dienen. So entwickelt sich schrittweise eine vernetzte Wissensbasis, die fachliche und kulturhistorische Zusammenhänge aufzeigt sowie typische Denk- und Arbeitsweisen herausstellt.

## Problemlösen fördern

Um das eigenständige Problemlösen und das Verständnis zu fördern, muss das häufig praktizierte Abarbeiten von Aufgabenplantagen zumindest stark reduziert werden, zumal letztgenannte Vorgehensweise keinen anhaltenden Lernerfolg erbringt. Wie oft im Leben, so gilt auch hier: Weniger ist mehr. Das heißt für den Unterricht: wenige, aber aussagekräftige und repräsentative Beispiele ausführlich behandeln und diskutieren.

Natürlich darf das Üben von Rechenfertigkeiten und das Anwenden von Algorithmen nicht vernachlässigt werden. Beim problemorientierten Unterrichten lässt sich ein solches Üben ohne weiteres integrieren. Wie sieht die Vorgehensweise aus? Das Stichwort heißt *Probieren* bzw. *systematisches Probieren*. Diese nahe liegende Form des experimentellen Arbeitens muss im Unterricht wieder verstärkt gepflegt werden. Dazu ein schlichtes Beispiel:

**Die Europäische Zentralbank plant, Drei-Euro- und Fünf-Euro-Münzen zu prägen. Lässt sich mit diesen beiden Münzsorten jeder ganzzahlige Betrag größer als sieben Euro bezahlen?**

Den Unterrichtsablauf kann man sich folgendermaßen vorstellen:

- Zunächst ein unsystematisches Probieren, um mit der Aufgabe vertraut zu werden.
- Systematisches Probieren schließt sich an. Spätestens nach diesen ausführlichen Rechenübungen verdichtet sich die Vermutung: Es ist möglich!
- Die weitere Vorgehensweise ist bestimmt durch die Strategie: Reduktion der Bedingungen. Angewandt auf die Aufgabenstellung heißt dies: Nur eine der beiden Münzsorten steht zur Verfügung. Welche Beträge lassen sich jetzt bezahlen? Erneutes Rechnen, und zwar Division mit Rest. Wir fragen: Welche Zahlen sind als Rest möglich?
- Die endgültige Lösung erfolgt durch geeignetes Aufteilen.

Wir sind unvermittelt bei dem Thema *Teilbarkeit* angekommen, gelangen zu allgemein gültigen Erkenntnissen und üben ganz „nebenbei“ gleichzeitig die Rechenfertigkeit. Das für die Lösung geeignete Verfahren wird nicht präsentiert, sondern muss schrittweise erarbeitet werden. Im Mittelpunkt der Aufgaben steht eine Sachsituation, die während des gesamten Lösungsprozesses lebendig bleibt. Zu einer weiterführenden Diskussion bieten sich an:

- Welche Münzwerte gibt es bei uns?
- Welche Münzwerte gibt es nach der Euro-Umstellung?
- Vergleich mit anderen Währungen (z.B. Schweiz, USA).
- Mögliche Kriterien für die Auswahl zu prägender Münzsorten.

## Veränderter Umgang mit Aufgaben

Mehr Verständnisorientierung bedeutet einen veränderten Umgang mit Aufgaben. Gleichzeitig mit den Inhaltszielen muss auch auf die zu Grunde liegenden Lernprozesse aufmerksam gemacht werden. An die Stelle des bloßen Lösens tritt ein Beschäftigen mit den Aufgaben. Im Unterricht sollten folgende Phasen (in Anlehnung an POLYA 1980) unterschieden werden, wobei zwischen den einzelnen Phasen eine starke Wechselwirkung besteht:

- *Orientierungsphase*  
Auseinandersetzen mit der Aufgabenstellung: Ziel ist es, die Aufgabe zu verstehen. Überprüfen, ob alle notwendigen Daten gegeben sind.
- *Kreative Bearbeitungsphase*  
Eventuell fehlende Daten besorgen. Verwandte Aufgabenstellungen betrachten. Leitideen erkennen, Strategien herausarbeiten. Eine Lösungsidee entwickeln.
- *Eigentliche Lösungsphase*  
Umsetzen der Lösungsidee, Ergebnisfindung.
- *Auswertungsphase*  
Lösungsprozess und Lösung überdenken. Welche neuen Erkenntnisse hat die Aufgabe gebracht? War die Strategie bekannt? Weitere Lösungswege?
- *Erweiterungs- und Vernetzungsphase*  
Vernetzen mit bisherigem Wissen und bekannten Aufgaben. Verallgemeinerungen, Variationen der Aufgabenstellung.

Im Zusammenhang mit den letzten beiden Phasen sollen die Schüler auch angeleitet werden, über den Wert bzw. die Bedeutung des Gelernten nachzudenken und sich in eigenen Worten dazu zu äußern. Dieser Prozess kommt natürlich nicht von selbst zu Stande. Hier muss der Lehrer anstoßen, indem er geeignete Fragen stellt. Einige Vorschläge, wie man beispielsweise das Nachdenken über die Bedeutung eines Lehrsatzes in Gang bringen kann, finden sich beispielsweise bei VOLLRATH (1993):

- Was ist der Inhalt des Satzes?
- Welches Erkenntnis wird durch diesen Satz ausgedrückt?
- Welche Konsequenzen hat dieser Satz?
- Welche Probleme können mithilfe dieses Satzes gelöst werden?
- Versuche, den Satz in deinen eigenen Worten zu formulieren!
- Versuche, den Inhalt des Satzes durch ein Schlagwort zu treffen!
- Gib dem Satz einen treffenden Namen!

Ziel ist es, dass die Schüler durch das Beschäftigen mit solchen Fragen und Aufforderungen die Bedeutung des jeweiligen Lehrsatzes erfassen und somit ein vertieftes, dauerhaftes Verständnis entwickeln. Zum spontanen Erproben bietet sich der oben angesprochene Lehrsatz des Pythagoras an!



## Lernergebnisse und -prozesse selbstständig verschriftlichen

In unserem Mathematikunterricht werden viel zu wenig schülereigene Texte geschrieben. Ein wesentliches Ziel des Unterrichts und ein Kriterium für das Erreichen dieses Ziels muss sein, die Ergebnisse bzw. die gewonnenen Einsichten sprachlich klar, in eigenen Worten und nicht in angelegten Standardwendungen formulieren zu können. Das bedeutet: Nicht nur die Lernergebnisse, auch die Lernprozesse sollten möglichst oft schriftlich festgehalten werden.

Entsprechend gestaltete Aufträge – zum Beispiel in Form von Arbeitsblättern – unterstützen dieses Ziel. Als Beispiel soll hier ein Arbeitsblatt zum Erarbeiten der Lösungsformel für quadratische Gleichungen dienen, das der Schweizer Peter Gallin entworfen hat (vgl. GALLIN & RUF 1995).

Neben der sehr überlegt gewählten Abfolge von quadratischen Gleichungen ist die Aufforderung an die Schüler, ihre Gedankengänge zu notieren, entscheidend. Die Schüler sollen – neben dem Lösungsweg und der Lösung – zudem aufschreiben, worin sich jede der Aufgaben von der Vorgängeraufgabe unterscheidet. Außerdem können bzw. sollen sie ihre Überlegungen beim Lösen schriftlich festhalten.

### Zur Auflösungsformel für die quadratische Gleichung $ax^2 + bx + c = 0$

1.  $x^2 = 4$
2.  $x^2 - 3 = 0$
3.  $2x^2 - 1 = 0$
4.  $x^2 = 6$
5.  $(x + 2)^2 = 6$
6.  $x^2 - 6x + 9 = \frac{25}{4}$
7.  $x^2 - 6x = 31$
8.  $x^2 + 4x = -\frac{7}{4}$
9.  $x^2 - \frac{2}{3}x = -\frac{1}{9}$
10.  $x^2 - 3x = -\frac{25}{4}$
11.  $2x^2 + 4x - 7 = 0$
12.  $\frac{1}{6}x^2 - \frac{1}{4}x - \frac{1}{6} = 0$
13.  $x^2 + 2px + q = 0$
14.  $ax^2 + bx + c = 0$

PETER GALLIN hat zusammen mit Urs Ruf in zahlreichen Publikationen aufgezeigt, dass solche Vorgehensweisen zu selbstständigem, konstruktivem Arbeiten hinführen (vgl. unter anderem GALLIN & RUF 1998; RUF & GALLIN 1999).

Die Schüler werden auch angeleitet, so genannte Lern- bzw. Reisetagebücher an Stelle der üblichen Schul- und Haushefte anzulegen. Hierin sollen sie in einem einzigen Heft alles für sie Wesentliche notieren: Hausaufgaben, Übungen, Lehrerkommentare, eigene Ideen und Nachforschungen, Zusammenfassungen.

Ein anderer Vorschlag besteht darin, zusätzlich zu den üblichen Heften ein Lerntagebuch zu führen. Hier sollen die Schüler während jeder Stunde ihre Eindrücke aufschreiben. Was habe ich verstanden? Was ist unklar usw.? Zur Förderung der Teamarbeit kann das Tagebuch auch von einer Gruppe geführt werden. Der „Schriftführer“ wechselt dann von Stunde zu Stunde (vgl. auch die Anregungen von C. STRECKER, die im Internet über den zentralen Server des Modellprogramms abgerufen werden können).

Der Beginn einer solchen Arbeitsweise mit Lerntagebüchern kann ganz behutsam in kleinen Schritten erfolgen. Die Schüler werden aufgefordert, regelmäßig gegen Ende des Unterrichts sich Notizen zu folgenden Standardfragen zu machen:

- Welche neuen Erkenntnisse habe ich heute gewonnen?
- Welche Fragen sind für mich noch ungeklärt?

## Leitlinien für den Mathematikunterricht

Natürlich ist ein solides Grundwissen die notwendige Basis für ein erfolgreiches Weiterlernen – aber es genügt nicht. Schule muss mehr vermitteln als lediglich Wissen, nämlich Bildung. Was heißt das? Bildung bedeutet unter anderem mit Wissen umgehen können, Wissen anwenden können, Wertungen vornehmen können. Diese Fähigkeiten sind von einer anderen Qualität im Vergleich zum Abhaken isolierter Wissensselemente. Hier sind eigenständiges Denken und Arbeiten sowie Kommunikation und Teamarbeit gefordert.

Für den amerikanischen Mathematiklehrerverband „National Council of Teachers of Mathematics“ (NCTM) besteht mathematische Bildung aus folgenden Komponenten:

- Wertschätzung der Mathematik;
- Vertrauen in die eigene Fähigkeit, mit Mathematik umgehen zu können;
- Anwenden mathematischer Kenntnisse auf inner- und außermathematische Aufgabenstellungen;
- mathematische Ausdrucks- und Kommunikationsfähigkeit;
- mathematisches Denken.

Nach welchen Leitlinien sollte Unterricht also erfolgen, damit mathematische Bildung gefördert wird?

- Nicht nur Inhaltsorientierung, sondern auch Orientierung an Lernprozessen;
- nicht nur Kalkülorientierung, sondern auch Verständnisorientierung;
- erfolgreiches Lernen – kumulatives Lernen;
- erfolgreiches Lernen – kein passiver, sondern ein aktiver und eigenständiger Prozess;
- Mathematik als integraler Bestandteil unserer Kultur;
- Mathematiklernen im Kontext – „Storytelling“;
- Konzentration auf grundlegende Ideen der Mathematik und auf allgemeine Lernziele.

Bereits in dieser plakativen Formulierung machen die genannten Leitlinien eine notwendige Akzentverschiebung im Vergleich zum bisher üblichen Mathematikunterricht deutlich. Weiterhin lässt sich festhalten: Nicht andere Inhalte sind erforderlich, sondern ein anderes Umgehen mit den Inhalten, also ein anderes Unterrichten. Die Erfahrungen verschiedener Schulsets belegen, dass solche Veränderungen zu realisieren sind und dass sich der – zumindest anfängliche – Mehraufwand lohnt. Die Schüler erhalten die Gelegenheit, Mathematik zu erleben, ihren Wert zu erkennen. Ein solcher Unterricht vermittelt eine ganz andere Qualität und Nachhaltigkeit als das weithin gepflegte sinnentleerte Manipulieren mit unverstandenen Symbolen und Formeln.

Eine wichtige Aufgabe steht jetzt an: das Verbreiten dieser Erfahrungen in der Lehrerschaft über das Modellprogramm hinaus sowie das Verankern dieser oder entsprechender Leitlinien in künftigen Lehrplänen und in der Lehrerbildung.

The background of the image is a piece of blue paper with handwritten mathematical notes in brown ink. The notes include various mathematical expressions such as  $\frac{1}{2}x^2$ ,  $\frac{1}{2}x$ ,  $\frac{1}{2}x^2 + \frac{1}{2}x$ ,  $\frac{1}{2}x^2 + \frac{1}{2}x + \frac{1}{2}$ , and  $\frac{1}{2}x^2 + \frac{1}{2}x + \frac{1}{2} + \frac{1}{2}$ . There are also some arrows and other symbols scattered throughout the page.

# Konsequenzen und Reformimpulse

# Was folgt aus TIMSS für Mathematikunterricht und Mathematiklehrerbildung?

WERNER BLUM  
Universität Kassel<sup>5</sup>

## Ergebnisse und Interpretationen der TIMS-Studie

Die Daten der TIMS-Studie sind auch in der Mathematikdidaktik differenziert analysiert und interpretiert worden (vgl. etwa BLUM & NEUBRAND 1998; WIEGAND 1999, 2000). Diese Analysen bestätigen und differenzieren die problematische Diagnose: Deutsche Schüler zeigen spezifische Schwächen beim flexiblen Anwenden von Mathematik, bei Aufgaben, zu deren Lösung nicht bloß nach bekannten Verfahren gerechnet werden muss, sondern bei denen inhaltliche Vorstellungen, begriffliches Argumentieren, Kombinieren von Schritten oder Umstrukturierungen erforderlich sind.

Woher kommen solche Ergebnisse? Wie stets sind hierfür sicher vielfältige Bedingungsfaktoren verantwortlich. So spielen natürlich die *Rahmenbedingungen* für schulisches Lehren und Lernen eine wichtige Rolle, ebenso wie die individuellen *Schüler-Voraussetzungen*. In den TIMSS-Ergebnissen spiegeln sich aber auch – darauf weist der differenzierte Befund hin – Schwerpunkte und Defizite des „real existierenden“ *Mathematikunterrichts* wider. Mehrere Studien (so etwa KAISER 1999 oder die TIMS-Videostudie; siehe Kapitel 1.2 in diesem Band) zeichnen übereinstimmend das folgende Bild vom „üblichen“ Mathematikunterricht in der Sekundarstufe: Er ist

- stark verfahrens- und kalkülorientiert; Schüler lernen punktgenau aufgabentypische Verfahren für die jeweils nächste Klassenarbeit, wobei das Anspruchsniveau großteils über die Komplexität der involvierten Terme definiert ist;
- wenig vorstellungs- und sinnorientiert;
- nur wenig vernetzend, sowohl was innerfachliche Verbindungen als auch was Alltags- und Umweltbezüge anbetrifft;
- methodisch variationsarm, wobei gewisse Formen „fragend-entwickelnden Unterrichts“ es gestatten, dass die Mehrzahl der Schüler in weiten Phasen geistig eher passiv ist, und wobei Lern- und Beurteilungssituationen häufig vermischt werden.

Es gibt genügend empirische Evidenz, dass ein solcher Unterricht nur begrenzt effektiv ist. Weshalb ist der Mathematikunterricht so? Dies liegt sicher auch an den Rahmenbedingungen, vor allem aber am Phänomen der permanenten Selbststabilisierung des Systems Schule und Mathematikunterricht über die Jahre hinweg. Wenn nur der Unterricht einigermaßen stabil „läuft“, die Zensuren stimmen und erfolgreiche Abschlüsse bescheinigt werden, sind alle Beteiligten – trotz vorhandenen Unwohlseins – bereit, dies fortzuschreiben. Unsere Lehrerbildung ist offenbar über Jahre hinweg nicht in der Lage gewesen, für spürbare und nachhaltige Veränderungen zu sorgen.

---

<sup>5</sup> Ich danke Herrn Kollegen H.-W. Henn (Dortmund) für wertvolle Anregungen.

## Veränderungen im Mathematikunterricht

Wie sollte sich der Mathematikunterricht verändern? Antworten hierauf lassen sich nicht allein aus TIMSS ableiten. Richtschnur für Veränderungen sind vielmehr einerseits *normative Zielvorstellungen* zum Mathematikunterricht und andererseits vorhandene *empirische Befunde* über mehr oder weniger erfolgreiches Lehren und Lernen in der Schule, speziell von Mathematik, die aus TIMSS und aus vielen anderen Studien stammen.

Zum ersten Aspekt: Was sollen Schüler im Mathematikunterricht der Sekundarstufe erwerben? Wesentliches Ziel sollte meines Erachtens sein, Schülern *mathematische Grundbildung* zu vermitteln. Hierunter kann man einen – bildungsgangspezifisch auszuformenden – Komplex verstehen, der insbesondere umfasst

- mathematisches Grundwissen (Fakten wie Satz des Pythagoras und Fertigkeiten wie Lösen linearer Gleichungen oder Differenzieren elementarer Funktionen),
- mathematische Grundvorstellungen (etwa vom Prozent-, Funktions- oder Integralbegriff),
- mathematikbezogene Grundfähigkeiten (wie Modellieren, d.h. Übersetzen zwischen Realität und Mathematik, oder rationales Argumentieren und Beweisen),
- ein angemessenes mathematisches Weltbild.

Schüler sollen (nach WINTER 1995) Mathematik als Werkzeug für Lebensbewältigung und Weltverstehen als Mittel zur Geistesschulung und als geistige Schöpfung eigener Art erleben.

Grundbildung äußert sich insbesondere beim verständigen Umgehen mit Mathematik in Problemsituationen und beim erfolgreichen Lösen von Aufgaben. Welche Kenntnisse, Vorstellungen, Fähigkeiten im Einzelnen dazugehören, ist jeweils spezifisch festzulegen. Was mathematische Grundbildung zum Beispiel für Neuntklässler bedeuten kann, ist bei NEUBRAND u.a. (1999) zu finden, und für die gymnasiale Oberstufe bei DANCKWERTS u.a. (2000).

Zum zweiten Aspekt: Wie kann gelingender Mathematikunterricht aussehen? Natürlich gibt es nicht „den“ richtigen Unterricht. Aber einige Charakteristika von „*guter Unterrichtspraxis Mathematik*“ lassen sich trotzdem allgemein formulieren (vgl. hierzu beispielsweise auch BAUMERT u.a. 1997). Erfolgversprechend ist ein „schülerzentrierter und lehrergesteuerter Unterricht“ (WEINERT 1998), der vielfältige – „vertikale“ und „horizontale“ – Vernetzungen herstellt, auf Vorstellungsentwicklung und – allgemeiner – auf Grundbildungssicherung Wert legt, Gelegenheiten zum situierten Lernen schafft, permanent geistige Schüleraktivitäten wie auch gemeinsame Reflexionen über Lernprozesse und -ergebnisse (metakognitive Denktivitäten) stimuliert (allgemeiner: den Schülern Mitverantwortung für ihr Lernen gibt), Methoden gezielt variiert („Methodenpluralismus“ im Sinne von TERHART 1997) sowie Lernen und Beurteilen bewusst entzerrt.

Ein Vergleich dieser Forderungen mit der Beschreibung des Ist-Zustands zeigt *Veränderungsbedarf* in folgenden Richtungen:

- mehr Sicherung von Grundbildung,
- mehr inner- und außermathematische Vernetzungen,
- weniger Verfahren und Kalküle,
- mehr Denktivitäten und Eigenkonstruktionen der Schüler,
- mehr Reflexionen,
- flexiblerer Methodeneinsatz,
- deutlichere Trennung von Lernen und Beurteilen.

Angestrebt wird, wie heute oft gesagt, eine „*neue Unterrichtskultur*“. Dabei können Veränderungen durchaus schrittweise erfolgen; Ziel bleibt aber eine umfassende Veränderung, denn eine Beschränkung auf einzelne Komponenten (etwa nur „Methodentraining“) kann kaum wirklich spürbare Effekte haben.

Das sind Forderungen, die nicht erst seit TIMSS erhoben werden, bisher aber keine Breitenwirkung erzielt haben. Weshalb sollte dies jetzt anders werden? Zum einen ist das Problembewusstsein allenthalben gewachsen. Erstmals seit langem wird auch öffentlich über Grundbildung und über Unterrichtsqualität diskutiert, und auch von Seiten der Politik werden Innovationen verlangt und gefördert. Zum anderen weiß man heute besser, woher die unbefriedigende Situation kommt und wo man ansetzen muss. Dabei spielen zwei Instrumente eine besonders wichtige Rolle:

- Veränderung des Aufgabenmaterials einschließlich der Art seiner Behandlung („*neue Aufgabenkultur*“), allgemeiner: eine verstärkte Verwendung „substanzieller Unterrichtseinheiten“ im Sinne von WITTMANN (1995),
- Förderung der inhaltsbezogenen Kommunikation und Kooperation der Lehrkräfte („*neue Kommunikationskultur*“), allgemeiner: eine verstärkte Betonung der Verantwortung der Lehrer für die Qualität des eigenen Unterrichts.

Anregungen zu beidem können wir dabei auch aus anderen Ländern wie der Schweiz, den Niederlanden oder Japan beziehen, sowohl was Unterrichtsmaterialien und deren Behandlung als auch was Zusammenarbeit von Lehrern betrifft (vgl. hierzu unter anderem die Analysen in NEUBRAND & NEUBRAND 2000).

Dass man beim *Aufgabenmaterial* ansetzt, ist nahe liegend. Das Bearbeiten von Aufgaben (in einem weiten Sinn) ist die mit Abstand wichtigste Schüleraktivität im Mathematikunterricht (WALTHER 1985; BROMME, SEEGER & STEINBRING 1990). Wenn mehr als bisher anspruchsvolle, offene, vernetzende Aufgaben behandelt werden, in allen Phasen des Unterrichts (Einführung, Durcharbeitung, Übung, Lernzielüberprüfung), so steigt die Unterrichtsqualität. Hier ein inzwischen wohl bekanntes Beispiel einer offenen Aufgabe für die Mittelstufe (aus BECKER & SHIMADA 1997):

**Ein gegebenes Rechteck soll so vergrößert werden, dass sich seine Seitenlängen verdoppeln. Welche Zeichenmethoden kannst Du hierfür finden? Zeichne Deine Figur auf möglichst viele verschiedene Weisen. Erkläre Deine Methoden.**

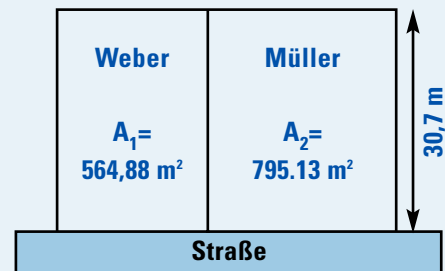
Die Aufgabe lässt vielfältige Lösungswege zu (bei BECKER & SHIMADA 1997 sind 14 Wege angegeben), auf ganz unterschiedlichen Anspruchsniveaus, sodass sie gleichzeitig „selbstdifferenzierend“ ist.

Geeignete Aufgaben kann man insbesondere auch durch Verändern vorhandener Schulbuchaufgaben erhalten. In HERGET (2000) sind vielfältige Strategien zum anspruchsvollen Variieren gegebener Aufgaben zu finden: Umkehren, Angaben weglassen, Verallgemeinern, Kontextualisieren, Übersetzen. Zwei einfache eigene Beispiele finden sich in den hier abgedruckten Sätzen:

### Beispiel 1 (Klasse 8):

Zu Grunde liegt folgende Geometrieaufgabe:

**Frau Müller und Herr Weber besitzen nebeneinanderliegende Grundstücke mit unterschiedlich langer Straßenfront (siehe Bild). Für die Straßenreinigung müssen sie monatlich 0,52 DM je „Frontmeter“ bezahlen. Wie viel muß Frau Müller, wie viel Herr Weber im Monat ( im Jahr) bezahlen?**



Öffnung der Aufgabe: zum Beispiel durch Umkehrfragestellungen wie

„Frau Wolf zahlt jährlich DM 107,95 Straßenreinigungsgebühren. Wie könnte ihr Grundstück aussehen?“ oder durch offene Fragestellungen wie

„In welcher Art könnte man Straßenreinigungsgebühren erheben, die für Frau Müllers Grundstück etwa DM 170,- im Jahr betragen?“

oder wie

„Frau Schulz hat ein quadratisches Grundstück mit selbem Flächeninhalt wie das von Herrn Weber. Was wäre eine ‚gerechte‘ Gebühr?“

Vernetzung der Aufgabe mit anderen Stoffgebieten: zum Beispiel durch Fragen wie (Prozentrechnen)

„Wie viel Prozent muss Frau Müller mehr bezahlen als Herr Weber?“

oder (Algebra)

„Stelle eine Formel auf, mit der man für ein gegebenes rechteckiges Grundstück die pro Monat [pro Jahr] zu zahlende Straßenreinigungsgebühr berechnen kann.“

Natürlich gehört zum flexiblen Umgang mit Aufgaben auch immer die Aufforderung

„Erfinde selbst Fragestellungen zu diesem Beispiel!“

### Beispiel 2 (Klasse 12):

Ausgangspunkt ist folgende Standardaufgabe aus der Integralrechnung:

$$\int_1^2 (2x - 9) dx$$

Die Aufgabe kann in einfacher Weise geöffnet werden, etwa so:

„Gib drei Methoden an, wie man dieses Integral bestimmen kann; vergleiche.“

oder wieder durch Zielumkehr:

„Gib fünf Integrale an, die denselben Wert wie  $\int_1^2 (2x - 9) dx$  haben.“

Wenn man hier spezifischer nur nach Integralen fragt, bei denen die Integrandenfunktion eine Nullstelle hat, wird z.B. durch

„Um wie viel Prozent ist jeweils die unterhalb der ersten Achse liegende Fläche größer als die oberhalb liegende?“

eine Vernetzung mit der Prozentrechnung hergestellt. Nachdem wie üblich die Integralfunktion

$$x \rightarrow \int_1^x (2t - 9) dt$$

berechnet ist, kann man fragen

„Für welche  $c$  ist  $x \rightarrow x^2 - 9x + c$  Integralfunktion?“

und noch offener

„Welche quadratischen Funktionen [welche Polynomfunktionen] sind Integralfunktionen?“



Allerdings sei nochmals betont, dass entscheidend das „Wie“ bei der Aufgabenbearbeitung ist und weniger das „Was“ bei der Aufgabenauswahl: Geistiges Durchdringen der Aufgabe, Ermutigen zu vielfältigen Schülerlösungen, Einfordern von Begründungen, Durchlaufen von Modellierungsprozessen, Reflektieren über Lösungswege (für ein Beispiel aus Klasse 10/11 siehe BLUM 1999).

Der zweite Ansatz, nämlich die *Zusammenarbeit* der Lehrkräfte zu fördern, ist ebenfalls nahe liegend. Dahinter steht die ebenso selbstverständliche wie essenzielle Einsicht, dass unterrichtliche Reformen höchstens dann wirksam werden, wenn sie von den Lehrern voll getragen und eigenverantwortlich realisiert werden. Gemeinsame Planungen und Auswertungen – bis hin zu gegenseitigen Hospitationen –, gemeinsames Aushandeln von Zielen, gemeinsames Entwickeln von Unterrichtsmaterialien und von Beurteilungskriterien erhöhen die methodischen Spielräume und fördern das Bewusstsein für Unterrichtsqualität. Aus Untersuchungen wie TIMSS wissen wir, dass deutsche Lehrkräfte eher „Einzelkämpfer“ sind. Dies muss – auch durch organisatorische Maßnahmen, etwa Stundenpläne betreffend, oder durch geeignete „Belohnungen“, etwa Entlastungsstunden für Kooperationen und Hospitationen – unbedingt geändert werden.

In der Expertise von BAUMERT u.a. (1997) werden weitere Ansatzpunkte zur Veränderung des Unterrichts genannt, unter anderem die folgenden:

- konstruktives Umgehen mit Fehlern,
- Lernen auf verschiedenen Niveaus,
- Stärken der Verantwortung für das eigene Lernen.

Natürlich hängen alle diese und die vorhin genannten Aspekte vielfältig miteinander zusammen. Diese Expertise war Grundlage eines bundesweiten Modellprogramms zur „*Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts*“. Mit diesem Programm soll beispielhaft gezeigt werden, wie die Qualität des Fachunterrichts inhaltlich und methodisch verbessert werden kann, im Sinne der zu Beginn dieses Abschnitts genannten Prinzipien (siehe dazu die Beiträge von PRENZEL und BAPTIST in diesem Band).

## Veränderungen in der Mathematiklehrerausbildung

Die Qualifikationen der Lehrer sind bekanntlich eine relevante Einflussvariable für den Lernerfolg von Schülern. Lehrer benötigen eine Fülle von Kompetenzen (siehe WEINERT 1998) und müssen deshalb breit und fundiert ausgebildet sein. Manche der für den Unterricht konstatierten *Defizite* resultieren wohl auch aus Defiziten in unserer Lehrerausbildung; einige davon sind (vgl. dazu insbesondere TERHART 2000):

- die strikte Trennung der drei Phasen (universitäre Erstausbildung, Referendariat, Weiterbildung im Beruf), was zu mehrfachen Diskontinuitäten führt („Nun vergessen Sie mal alles, was ...“);
- die mangelnde institutionelle Verankerung der Lehrerbildung in den Universitäten;
- die mangelnde Verzahnung der verschiedenen Studienkomponenten (fachinhaltliche, fachdidaktische, pädagogisch-psychologische und schulpraktische Studien), auch resultierend aus einer oft randständigen Rolle der Integrationsdisziplin Fachdidaktik, was Inkohärenzen in den „Weltbildern“ der Lehrer zu Folge hat;
- das Fehlen verbindlicher Kerncurricula, insbesondere in den Erziehungswissenschaften;
- die mangelnde Systematik und Verbindlichkeit von Fortbildungsaktivitäten;
- Defizite bei der diagnostischen Ausbildung (in allen drei Phasen);
- Defizite beim Methodentraining (in allen drei Phasen).

Speziell der Mathematiklehrer benötigt eine Fülle allgemeiner und fachspezifischer Kompetenzen. Unter anderem muss er einen souveränen fachlichen Durch- und Überblick haben, auch im Umfeld des Fachs, um Schüleräußerungen richtig verstehen und einordnen zu können, um Lernumgebungen gestalten zu können, die auf breite mathematische Grundbildung abzielen, oder um vorhandene Materialien hinsichtlich unterrichtlicher Brauchbarkeit beurteilen zu können. Weiter muss er über flexibles – allgemeines wie fachbezogenes – Wissen über Planung, Durchführung und Auswertung von Unterricht verfügen, wozu auch ein Repertoire fachgeeigneter Methoden gehört, ebenso wie Wissen über Möglichkeiten für dessen zielgerichteten Einsatz. Allgemeine, fachunabhängige Kenntnisse und Fähigkeiten sind dabei keineswegs ausreichend. Denn nach allem, was wir über Lernen wissen (jetzt angewandt auf das Lernen von Lehrerstudenten, Referendaren und Lehrern), geschieht dies bereichsspezifisch, das heißt, Transfer wird sich nicht von allein einstellen, vielmehr sind in Berufsausbildung und Beruf vielfältige Gelegenheiten zum situierten Lernen zu schaffen, das heißt zum fachbezogenen Diagnostizieren, Gestalten, Bewerten und Evaluieren sowie zum reflektiven Verarbeiten solcher Erfahrungen. Hier kommt der *Fachdidaktik* – in Ausbildung und Beruf – eine Schlüsselrolle zu, indem sie fachwissenschaftliche, erziehungswissenschaftliche und unterrichtspraktische Elemente in spezifischer Weise miteinander verbindet. Insofern muss die Fachdidaktik verstärkt werden, in der ersten Phase – wegen festliegender Gesamtstundenzahlen – auch zu Lasten anderer Komponenten.

Ein paar Konkretisierungen: Mathematiklehrerstudenten müssen schon in der universitären Erstausbildung lernen, aus mathemathikhaltigen Alltagssituationen unterrichtsgerechte Aufgaben herauszudestillieren. Zum Beispiel kann die hier abgebildete Zeitungsanzeige (Abb. 14 aus HENN 2000) zu vielfältigen, weite Teile der Schulanalyse erschließenden Arbeitsaufträgen für Elft- bzw. Zwölfklässler führen, etwa:

- Was bedeutet hier „Beschleunigung“? Wie hängen die gegebenen Werte miteinander zusammen?
- Wie weit ist das Auto beim Beschleunigen jeweils gefahren?

Beim Entdecken solcher Beispiele und beim Formulieren passender Aufgaben werden bereits tiefer gehende fachinhaltliche und fachdidaktische Fähigkeiten benötigt.

Weiter müssen Studenten schon in der Erstausbildung ein Spektrum von Methoden kennen und (durch exemplarische Erprobungen) beurteilen lernen, wie man solche Aufgabenstellungen im Mathematikunterricht behandeln kann, etwa (je nach Zielsetzung; vgl. WEINERT 1998):

- Gruppenarbeit mit anschließenden Ergebnispräsentationen und vergleichenden Diskussionen;
- informierende Lehrer- oder Schülervorträge;
- projektartige Erschließung von Problemfeldern;

und anderes mehr. Hier fließen fachdidaktische und erziehungswissenschaftliche Kompetenzen zusammen.

Abbildung 14: Material für den Einstieg in eine alltagsnahe Unterrichtssequenz zur Analysis



**Porsche 911 GT1: Daten und Meßwerte**

Technische Daten	
<b>Karosserie</b>	
Zweisitziger Sportwagen auf 996-Basis mit integriertem Überrollkäfig. Türen und Hauben aus Kohlefaser. Länge x Breite x Höhe 4710 x 1950 x 1170 mm, Leergewicht 1150 kg, Kofferraumvolumen 150 Liter.	
<b>Fahrwerk</b>	
Einzelradaufhängung vorn und hinten mit Doppelquerlenker, Feder-Dämpfer-Einheiten hinten über Pushrod betätigt, innenbelüftete Scheibenbremsen, Antiblockiersystem, Zahnstangenlenkung mit Servounterstützung, Reifengröße vorn 295/35 ZR 18, hinten 335/30 ZR 18.	
<b>Kraftübertragung</b>	
Hinterradantrieb, Sperrdifferential, Sechsganggetriebe.	
<b>Motor</b>	
Wassergekühlter Sechszylinder-Boxermotor mit zwei Abgasströmern und Ladeflufturbine, längs vor der Hinterachse. Zwei übereinander liegende Nockenwellen pro Zylinderbank (Kettantrieb), vier Ventile pro Zylinder über Tassenstößel betätigt, elektronische Kraftstoff-einspritzung, zwei getriggerte Angekühlwasserpumpen, Hubraum 3163 cm <sup>3</sup> , Leistung 400 kW (544 PS) bei 7200/min, max. Drehmoment 800 Nm bei 4250/min, spezifische	
Leistung 125,5 kW/L (172,0 PS/l), Bohrung x Hub 95,0 x 74,4 mm, Tockenumfchmierung, 12 Liter Ölbehalt.	
Meßwerte	
<b>Beschleunigung</b>	
0 - 50 km/h	2,1 s
0 - 100 km/h	2,9 s
0 - 130 km/h	5,4 s
0 - 180 km/h	7,1 s
0 - 180 km/h	8,8 s
0 - 200 km/h	10,5 s
0 - 250 km/h	17,4 s
400 m mit stehendem Start	11,6 s
1 km mit stehendem Start	30,7 s
<b>Elastizität</b>	
60 - 100 km/h (IV. G.)	6,8 s
60 - 100 km/h (V. G.)	9,1 s
60 - 100 km/h (VI. G.)	11,9 s
80 - 120 km/h (IV. G.)	9,3 s
80 - 120 km/h (V. G.)	8,5 s
80 - 120 km/h (VI. G.)	11,1 s
Höchstgeschwindigkeit 308 km/h	
<b>Verbrauch</b>	
Super Plus 18 bis 29 Liter/100 km	
<b>Bremsweg/Verzögerung</b>	
aus 100 km/h	39,0 m/10,7 m/s <sup>2</sup>
aus 200 km/h	130,8 m/11,8 m/s <sup>2</sup>
<b>Preis</b>	
Porsche 911 GT1 DM 1.500.000,-	

Der 911 GT1 ist ein elegantes Ablenkungsmanöver vom Verkehrsgeschehen; man staunt ihm nach bis zum Auffahrunfall

wird, desto heftiger saugt er sich dank Spoiler, Heckflügel und ausgeklügeltem Unterboden an die Fahrbahn. Nur auf Querfugen oder sehr kurzen Wellen gerät die überaus straff gefeder- te und gedämpfte Hinterachse bisweilen durch einen kecken Sprung etwas aus dem Gleis.

Das Fahrerlebnis entspricht in seiner nüchternen Summe einem kompakten, unglaublich faszinierenden Trip in die ex- clusive Welt des Rennsports. Alltägliche Überholmanöver rücken in den Rang von Über- rundungen, das kompromißlos harte Fahrwerk schmeißt den Fahrer durch wie einen Cock- tail der Kneipen-Koryphäe Charles Schumann, und der Sechszylinder brüllt dem Pilo- ten sein Stakkato in die Ohren wie ein nimmermüder Dezibel- Generator.

Um den GT1 im Boost, also dem Bereich des vollen Lade- drucks zu haben, will das Sechsganggetriebe fleißig ge- schaltet werden. Die exakte De-

finition der Kulisse und die kurzen Schaltwege erfreuen da- bei auch kritische Vertreter un- ter den Feinmechaniker-Fans.

Das Eigenlenkverhalten des weißen Wals gibt selten Rätsel auf: In zu schnell angegan- genen Kurven schiebt der GT1 zunächst untersteuernd über die Vorderräder zur Kurvenaußen- seite; unter Last schwenkt er dagegen übersteuernd das Heck nach außen. Der Driftwinkel sollte hierbei tunlichst nicht zu groß ausfallen - der knappe Lenkeinschlag begrenzt die Korrekturmöglichkeiten.

Wer sich einen GT1 inji- ziert, gibt sich die Droge Renn- faszination im höchsten Rein- heitsgrad, der rezeptfrei für den Straßenbetrieb erhältlich ist. Wenn dies als Kaufargument nicht genügt, den möge folgen- des überzeugen: Der GT1 muß nur alle 10 000 Kilometer zur Inspektion. Ein Formel 1 bringt es bei der gleichen Laufleistung immerhin auf 33 Revisionen.

Malte Jürgens

Ebenso wichtig sind diagnostische Kompetenzen, wobei fachliches und psychologisches Wissen benötigt werden. So sollen zukünftige Lehrer schon in der universitären Ausbildung mit authentischen Schüleräußerungen (allgemeiner: mit „Eigenproduktionen“ von Schülern) konfrontiert werden. Zum Beispiel: Welche Vorstellungen vom Integralbegriff hat wohl ein Schüler, der nach der konkreten Rekonstruktion der in der Porsche-Anzeige angegebenen Entfernungen sagt:

„Das verstehe ich nicht: Wie kann denn eine Fläche gleich einer Länge sein?“

Natürlich werden solche Kompetenzen nie abschließend erworben, sondern formen sich im Laufe des Berufslebens weiter aus. Dies ist keine deskriptive, sondern eine normative Aussage: Der Lehrer muss ständig daran arbeiten, dass sein Berufswissen sich erweitert und vertieft. Um das zu erreichen, müssen die Gesichtspunkte für eine „gute Unterrichtspraxis“ auch auf das gesamte, berufsvorbereitende wie -begleitende Lernen der Lehrenden angewandt werden: permanente Eigenaktivitäten, Vernetzungen, Reflexionen, Stärkung der Selbstverantwortung.

Insofern muss die Lehrerbildung in allen drei Phasen geändert werden (TERHART 2000). Im Hinblick auf das hier diskutierte Ziel, den Mathematikunterricht zu verbessern, möchte ich zwei Maßnahmen besonders herausstellen.

- Inhaltliche und organisatorische *Verbindung* der verschiedenen Komponenten der universitären Lehrerbildung, mit verbindlichen *Kerncurricula* für alle Komponenten und mit einer starken Fachdidaktik als Bindeglied und integrierendem Kern.
- Verbindliche, systematische und schulnahe *Fortbildung* der Lehrer, unter Beteiligung aller einschlägigen Einrichtungen (Schule, Studienseminar, Universität, Wirtschaft); insbesondere: Ausbildung zahlreicher „Qualitätsexperten“, die als Multiplikatoren wesentliche Teile der Fortbildung der Fachkollegen tragen.

Im BLK-Modellprogramm werden solche Experten in natürlicher Weise herangebildet. Natürlich muss die Weiterbildung dann weit über die Modellversuchsschulen hinausgreifen und flächendeckend etabliert werden. Ein Modell hierfür kann der baden-württembergische Ansatz sein. Hier werden landesweit regionale Veranstaltungen zur „*Weiterentwicklung der Unterrichtskultur im Fach Mathematik*“ angeboten, die fünf Halbtage umfassen: zwei Halbtage zur Einführung und zum Bewusstmachen von Problemen sowie je ein Halbtag zur Aufgabenkultur, zu Unterrichtsformen und zur Prüfungskultur. Die Teilnehmer kommen nicht als „Einzelkämpfer“, sondern in Teams aus 2 bis 3 benachbarten Schulen. Die Veranstaltungsgröße mit ca. 20 Teilnehmern erlaubt vielfältige Eigenaktivitäten: Konstruktion offener Aufgaben, Planung bis methodisch variabler Unterrichtsstunden, Erstellung von Klassenarbeiten und anderes mehr.

## Weiterführende Strategien

Die genannten Maßnahmen können je für sich genommen nur begrenzte Wirkung haben. Erstens müssen deshalb *weitere Maßnahmen* hinzukommen, wie zum Beispiel eine Veränderung und Koordinierung von Lehrplänen, eine adäquate Gestaltung von Abschlussprüfungen, eine systematische und allseits zugängliche Dokumentation einschlägiger Materialien sowie Evaluationen aller Qualitätsverbesserungsmaßnahmen, allgemeiner: eine stete wechselseitige Rückkoppelung zwischen Qualitätsentwicklung und -überprüfung (LANGE 1999). Zweitens ist es unbedingt erforderlich, alle Maßnahmen auf *Breitenwirkung* hin anzulegen. So muss die mit dem BLK-Programm verbundene Weiterbildung überall breit in der Lehrerschaft verankert werden mit dem Ziel, einen selbsttragenden umfassenden Qualitätsentwicklungsprozess in den Schulen zu generieren. Drittens müssen dabei alle oben genannten Einrichtungen, besser gesagt, alle Komponenten des Systems: Schule/ Unterricht *zusammenwirken*. Hier bietet sich insbesondere die Chance einer Zusammenarbeit von Unterrichtswissenschaft und Unterrichtspraxis, von Mathematikdidaktikern und Mathematiklehrern, so wie es WITTMANN (1992) programmatisch beschrieben hat.

Viertens ist es nötig, sämtliche Maßnahmen zu koordinieren, weitergehend: eine *Strategie* für die begonnenen und anstehenden Innovationen zu entwickeln. Hier können wir sicher vom niederländischen Modell profitieren. Wie auch bestgemeinte Innovationen scheitern können, wenn keine Strategie dahintersteht, haben WILSON und DAVISS (1996) eindrucksvoll beschrieben. Das ist auch bei den TIMSS-Folgemaßnahmen durchaus denkbar. Wenn zum Beispiel länderbezogene Sekundarstufe I-Mathematik-Abschlussprüfungen ähnlich fertigeorientiert konzipiert werden wie die (leider immer noch) üblichen IHK-Tests, verfehlen sie nicht bloß ihre intendierte diagnostische Funktion, sondern verhindern die Implementation einer „neuen Aufgabenkultur“, wie sie im BLK-Programm angestrebt wird. Eine andere Gefahr besteht darin, dass Politik und Öffentlichkeit, das komplexe Bedingungsgefüge für schulische Leistungen ignorierend, allein von den laufenden Modellversuchen kurzfristige messbare Erfolge erwarten und dass bei deren Ausbleiben womöglich restaurative Tendenzen die Oberhand gewinnen. Daher bleibt zu hoffen, dass in allen Bundesländern solche Innovationsstrategien entwickelt und dass „Qualitätsverantwortliche“ eingesetzt werden, welche die Umsetzung der Maßnahmen koordinieren, deren kurz-, mittel- und langfristige Wirkungen überprüfen und Erfolge sichern. Das ist bisher erst in Ansätzen erkennbar. Erst wenn dies geschehen ist, können wir erwarten, dass der „TIMSS-Schock“ ein wirklich heilsamer Glücksfall für die deutschen Schulen war.

The background features a series of overlapping, translucent, three-dimensional geometric shapes, primarily rectangular prisms and pyramids, in shades of green, blue, and purple. These shapes are arranged in a way that creates a sense of depth and perspective, with some appearing to recede into the distance. The overall effect is a vibrant, abstract composition with soft, ethereal lighting that gives the impression of light rays or a digital space.

# **Konsequenzen und Reformimpulse**

## TIMSS – Konsequenzen für den Physikunterricht

HORST SCHECKER  
Universität Bremen

### Wie sich die Bilder gleichen ...

In der Gruppe der 14-Jährigen kommt die Bundesrepublik auf einen Platz im Mittelfeld und bei den Abiturienten – im Vergleich zu vergleichbar ausgewählten Schülergruppen – auf einen der letzten Plätze. So berichtet „Inter Nationes“ unter der Überschrift „In Naturwissenschaften kein Musterschüler“ über „die Leistungen im naturwissenschaftlichen Unterricht in der Bundesrepublik im internationalen Vergleich“. Die Veröffentlichung und die zu Grunde liegenden Daten stammen jedoch nicht etwa – wie man denken könnte – aus TIMSS, sondern aus einer entsprechenden Studie der *International Association for the Evaluation of Educational Achievement* (IEA) aus dem Jahre 1973 (COMBER & KEEVES 1973). Beteiligt waren 250.000 Schüler in 22 Ländern. Auch in vielen Detailergebnissen, zum Beispiel den geringen Auswirkungen unterschiedlicher Schulsysteme oder Klassengrößen, zeigen sich erstaunliche Parallelitäten zu TIMSS.

Der große Aufschrei blieb damals in der pädagogischen, publizistischen und politischen Öffentlichkeit aus. Bildung war ohnehin ein wichtiges Thema und Handlungsfeld. Im Zuge der anstehenden Reformen – so die Erwartung – würde man die Probleme schon in den Griff bekommen. Diese Hoffnung und ein Erfolg der Schulreform stellten sich jedoch nicht ein. Bildung war spätestens Anfang der 1990er Jahre kein herausragendes gesellschaftliches Thema mehr. Gleichzeitig schuf die Debatte um die Globalisierung und den Verlust an wirtschaftlicher Potenz in Deutschland ein Umfeld, in dem die Veröffentlichung der TIMSS-Befunde wie ein „Sputnikschock“ wirken konnte. So viel Beachtung hatte der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht in den zurückliegenden 20 Jahren nicht gefunden. In der Folge von TIMSS wurde dem gesamten Bildungssystem in Deutschland eine deutlich erhöhte Aufmerksamkeit zuteil. Dies kann dem Physikunterricht nur Recht sein. Programme der Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (BLK) und der Deutschen Forschungsgemeinschaft für den naturwissenschaftlichen Unterricht sind eine direkte Folge.

Unmittelbar nach Veröffentlichung der TIMS-Schulleistungsstudie für die Sekundarstufe I Anfang 1997 traten die Fachverbände für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht mit Stellungnahmen an die Öffentlichkeit. Sie forderten nicht nur eine Verbesserung der äußeren Rahmenbedingungen, sondern auch eine didaktisch-methodische Weiterentwicklung des Unterrichts. Um die hierfür sinnvollen Ansätze geht es im Hauptteil des vorliegenden Kapitels. Bildungspolitische Diskussionen, die an die TIMSS-Ergebnisse angehängt wurden – etwa die Forderung nach zentralen Prüfungen –, werden hier nicht aufgegriffen. Man soll nicht glauben, es gebe für die unbefriedigende Wirksamkeit des Physikunterrichts einfache Diagnosen und schnelle Therapien.

### Wo liegen die Probleme?

Fünf Aspekte kennzeichnen nach den TIMSS-Ergebnissen die Probleme des Physikunterrichts. Das Augenmerk gilt den inhaltlichen Problembereichen. Die Platzierung auf der internationalen Rangskala spielt eine untergeordnete Rolle.

- *Große Leistungsheterogenität*

Man findet bei Achtklässlern ein sehr breites Spektrum von Fähigkeiten. Selbst innerhalb derselben Schulform streuen die Fähigkeiten über den Lernfortschritt von mehreren Schuljahren.

- *Mädchen trauen sich zu wenig zu*  
Jungen erreichen in allen Schulformen und beiden Schulstufen bessere Leistungen in Physik als Mädchen. Mädchen trauen sich im Fach deutlich weniger zu als Jungen. Sie unterschätzen systematisch ihre *tatsächliche* Leistungsfähigkeit.
- *Geringes Interesse*  
Das Interesse an Physik nimmt in der Sekundarstufe I ab, bei Mädchen noch stärker als bei Jungen. Dies ist – wie in anderen Fächern – zu einem gewissen Grad Ergebnis einer durchaus erwünschten Ausdifferenzierung des Interessenspektrums in dieser Lebensphase. Der Rückgang ist in Physik allerdings besonders ausgeprägt und absolut gesehen Besorgnis erregend. Deutsche Schüler schätzen gute Leistungen in Naturwissenschaften als wenig wichtig ein – im Unterschied zum Beispiel zu Mathematik.
- *Große Diskrepanz zwischen angezielten Kompetenzen und erreichtem Fähigkeitsniveau*  
Das nach den Physiklehrplänen für die Sekundarstufe I zu vermittelnde begriffliche Verständnis und das Verständnis naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen werden bei weitem nicht erreicht. Alltagsvorstellungen bestehen fort – gegebenenfalls neben einem (beginnenden) abstrakten Verständnis physikalischer Begriffe. In der Sekundarstufe II ändert sich dieses Bild nicht wesentlich.
- *Mangelnde Kumulation des Wissens*  
Der Wissenserwerb erfolgt überwiegend additiv und in zu geringem Maße kumulativ. Neue Sachverhalte werden *dazugelernt*; das neu Erlernte wird aber nicht ausreichend mit vorhandenem Wissen *vernetzt*, bzw. vorhandenes Wissen wird zu wenig in neues Wissen *integriert*. Eine Ausnahme bildet die moderne Physik in Klasse 13. Hier gelingt es, gleichzeitig das Verständnis in Bereichen der klassischen Physik zu vertiefen.

Mit Ausnahme des ersten Punktes waren die aufgeführten Problembereiche aus der internationalen fachdidaktischen Lehr-Lern-Forschung seit Jahren bekannt. TIMSS hat bei der Testkonstruktion auf vorliegenden Studien, etwa aus der Schülervorstellungsforschung, aufgebaut. Neu ist die Breite der empirischen Belege und die Schärfe der daraus abgeleiteten Defizit-Beschreibungen – besonders im internationalen Vergleich.

TIMSS stellt zudem neben den Fachleistungsdaten weitere wichtige Ergebnisse bereit, die zu wenig zur Kenntnis genommen werden. Dazu gehören Daten zu Einstellungen gegenüber den Naturwissenschaften und Erkenntnisse über typische Unterrichtsabläufe (so genannte Unterrichtsrehbücher oder „Skripts“; siehe den Beitrag von KLIEME, SCHÜMER und KNOLL in dieser Broschüre). Beide Punkte werden bei den Konsequenzen eine Rolle spielen.

## Handlungsfelder

Die fachdidaktische Diskussion in der Folge von TIMSS hat in großer Übereinstimmung folgende vordringlichen Handlungsfelder ergeben (siehe z.B. BAUMERT u.a. 1997, S. 60 f.; BERGE & DUIT 2000; DUIT 1999):

- Betonung des verstehenden Lernens, das heißt der begrifflichen Durchdringung physikalischer Sachverhalte und des Problemlösens;
- Veränderung der Aufgabenkultur;
- Vernetzung der Unterrichtsinhalte
  - horizontal: mit den Inhalten der anderen Naturwissenschaften und der Mathematik auf der gleichen Klassenstufe (fächerverbindendes Arbeiten),
  - vertikal: im Physikcurriculum über die Abfolge der Themen;
- Interesse wecken und Vertrauen in die eigene Leistungsfähigkeit stärken, besonders bei Mädchen;
- Unterrichtsabläufe variantenreicher gestalten.



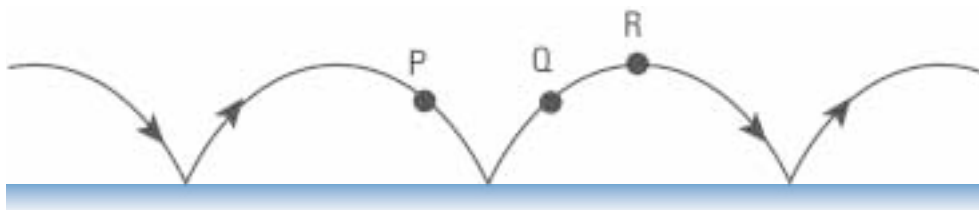
Während die ersten vier Handlungsfelder direkt aus den TIMSS-Befunden begründbar sind (siehe oben) gilt das für den letzten Punkt nur indirekt. Empirische Untersuchungen zu typischen Gestaltungsmerkmalen von Unterricht liegen aus der TIMS-Videostudie nur für die Mathematik vor. Sie korrespondieren mit dem Bild des „typischen Physikunterrichts“. Eigentlich müsste noch die „Veränderung der Experimentierkultur“ als weiterer Punkt hinzukommen. Deutschland hat sich am TIMSS-Experimentier-test (siehe dazu LABUDE & STEBLER 1999) jedoch nicht beteiligt. Nicht zufällig sind die Überlappungen der Handlungsfelder mit den Modulen des BLK-Modellprogramms „Steigerung der Effizienz des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts“ (SINUS), der als unmittelbare Reaktion auf TIMSS eingerichtet wurde.

## Verstehendes Lernen

Die relativen Stärken der deutschen Schüler liegen bei schematischen Routineaufgaben, die formal-mathematisch gelöst werden können, während die eigenständige Anwendung des Wissens in einem leicht variierten Aufgabenkontext kaum noch gelingt. Die Schüler haben also im Unterricht das Lösen von *Aufgaben* gelernt und weniger das von *Problemen*. Bei einer Aufgabe ist der Lösungsweg dem Schüler bekannt. Er muss ihn lediglich erinnern und korrekt ausführen. Ein *Problem* zeichnet sich dagegen durch eine gewisse Offenheit der Lösung aus. Man kann nicht direkt auf ein routiniertes Verfahren zurückgreifen. Aber natürlich müssen für den Lösungsansatz grundlegende Prinzipien oder verwandte Lösungen bekannt sein, die auf das neue Problem angepasst („transferiert“) werden können. Es geht darum, zunächst diesen Ansatz zu finden. Die schematische Anwendung von Formeln reicht nicht aus. Was für einen Lerner eine Aufgabe und was ein Problem ist, richtet sich nach dem Grad seiner Expertise. Im Unterricht geht es um einen guten Mix von Aufgaben und Problemen. Die Bearbeitung von Problemen flexibilisiert das Wissen und fördert das Verstehen.

Schwierig – und eher unbeliebt – sind für Schüler Aufgabenstellungen, in denen Rechnen gar nicht hilfreich ist, sondern halbquantitative Argumentationen („je – desto“) zum Ziel führen. Noch schwieriger wird es, wenn hierbei physikalische Begriffe ins Spiel kommen, die im Alltagsverständnis anders belegt sind. Es ist kein Zufall, dass die Aufgabe des TIMSS-Tests in Abbildung 15 zur voruniversitären Physik zu den absolut schwierigsten zählt. Die Schüler sollen an den gekennzeichneten Punkten die Beschleunigungen als Vektorpfeile einzeichnen. Die wenigsten Schüler erkennen, dass jeweils nur die Erdbeschleunigung nach unten wirkt (wenn man von einer geringen Luftreibung absieht). Die Mehrzahl zeichnet eine Beschleunigung in der jeweiligen Bewegungsrichtung ein oder zum Beispiel in Punkt Q nach oben. Dies korrespondiert eng mit der Alltagsvorstellung, dass in Richtung einer Bewegung immer eine Kraft wirken muss – sonst fiel der Körper ja einfach herunter.

**Abbildung 15: Aufgabe aus dem TIMSS-Test zur voruniversitären Physik.**  
**Ein Ball bewegt sich von links nach rechts. Gefragt wird nach der**  
**Richtung der Beschleunigung in den drei Punkten:**



Der Versuch, physikalisches Wissen ohne Bezugnahme auf das Schülervorverständnis vermitteln zu wollen, führt bestenfalls dazu, dass neben den Alltagsvorstellungen formales Wissen aufgebaut wird, das den Schülern zur Bewältigung von Prüfungssituationen dient. Dieses formale Wissen ist außerhalb des Unterrichtskontextes wenig wirksam und bricht schnell wieder zusammen. Zum Beispiel sehen Schüler die begriffliche Differenzierung von Kraft, Energie und Impuls als *Formalismen* an, die im Alltagskontext nicht relevant sind. Der Newtonsche Kraftbegriff ist deshalb so schwer zu lernen, weil Schüler ihn oft nur als Quantifizierung des Alltagsbegriffs der Kraft als körperlicher Stärke auffassen. Ähnliche Schwierigkeiten bestehen bei den Begriffen Wärme/Temperatur oder Stromstärke/Spannung. Bedenkt man den geringen zeitlichen Umfang des Physikunterrichts, kann es nicht verwundern, dass die alltagssprachlich vermittelten Deutungsmuster überwiegen. Es hat im Alltagsdiskurs keinen Sinn zu sagen, dass die Straßenoberfläche beim Bremsen eine Kraft auf die Räder ausübt, die eine negative Beschleunigung bewirkt. Es ist jedoch viel erreicht, wenn Schüler sich im Klaren sind, dass die „Kraft“, die von einer Traubenzuckertablette ausgeht, alltagssprachlich eine grundsätzlich andere Bedeutung hat als die Intensität der Impulsänderung eines Körpers bei Wechselwirkung mit einem zweiten Körper.

PETRI (1996) zeichnet den „Lernpfad eines Schülers in der Atomphysik“ nach. Darin hängt die Erweiterung des fachlichen Denkens, der Übergang von der mechanischen Welt zur Quantenwelt, ganz entscheidend von damit einhergehenden Wandlungen seines Weltbilds und seiner Einstellungen gegenüber der Physik ab. Es geht also nicht nur darum, quantenmechanische Begriffe zu verstehen, die Schüler müssen diese auch als für ihr Denken relevante und sinnvolle Denkmuster akzeptieren. Wenn man diesen Punkt im Unterricht nicht thematisiert, bleibt die Quantenphysik ein inhaltsleerer Formalismus, den man sich mehr oder weniger erfolgreich aneignet, nach der Klausur aber schnell wieder aus seinem Denken streicht.

In der fachdidaktischen Literatur überwiegt der Ansatz, die Schülervorstellungen direkt anzusprechen. Die Alternative besteht darin, zunächst das physikalische Konzept zu vermitteln und dann Brücken zum Alltagsverständnis zu schlagen. Für beide Vorgehensweisen gibt es Unterrichtsvorschläge (z.B. SCHECKER & NIEDDERER 1996; WIESNER 1994). Wo es geeigneter ist, zunächst die Schülervorstellungen zu „umfahren“ und wo man besser mit einer Konfrontationsstrategie vorankommen, ist themenspezifisch zu ermitteln. Ebenso die Frage, wo es möglich ist, alternative Vorstellungen zu *ersetzen* und wo man besser eine „friedliche Koexistenz“ anstrebt. Konsens besteht darüber, dass die Vorstellungen der Schüler für die Konstruktion von Unterricht von gleicher Bedeutung sind wie die Sachstrukturen der Fachwissenschaft. Eine direkte Ableitung von Unterrichtsgängen aus der physikalischen Sachstruktur scheitert.

Wegen der begrenzten Unterrichtszeit muss eine Stärkung der begrifflich-qualitativen Anteile im Zweifelsfall zu Lasten der formalen und mathematischen Anteile gehen. Ein Beispiel zu möglichen experimentellen Einstiegen in das Thema „Kreisbewegungen“ soll das verdeutlichen.

(a) Im Demonstrationsexperiment kann sich ein Wagen auf einer rotierenden Schiene radial bewegen.

Es wird die Kraft  $F$  gemessen, mit welcher der Wagen gezogen werden muss, um ihn bei unterschiedlichen Winkelgeschwindigkeiten  $w$  und Wagenmassen  $m$  in konstantem Abstand  $r$  zum Drehpunkt zu halten. Die Schüler tragen die Daten in Tabellen ein und werten sie graphisch aus. Es werden die Proportionalitäten  $F \sim m$ ,  $F \sim r$  und  $F \sim w^2$  abgeleitet und zu  $F = mrw^2$  zusammengefasst. Es folgen Übungsaufgaben zur Berechnung dieser Kraft unter verschiedenen Randbedingungen.

(b) Auf dem Fußboden wird ein Kreis von etwa 3m Durchmesser gezeichnet. Sechs Schüler hocken um den Kreis herum. Sie sollen durch Stöße mit der Faust einen Medizinball und einen Fußball so dirigieren, dass er – näherungsweise – auf dem Kreisumfang bewegt wird (vgl. Labudde 1993, 152 ff.). Es schließt sich eine längere Diskussion über die Beobachtungen der Schüler an: In welche Richtung muss man stoßen? Wie stark muss man stoßen? Wie bewegt sich der Ball, wenn nicht mehr gestoßen wird?

Im Beispiel (b) steht das begriffliche Verständnis im Vordergrund. Die Diskussion bleibt lange Zeit qualitativ und halbquantitativ. Es wird erarbeitet, dass für eine Kreisbewegung Kraftstöße zum Mittelpunkt erforderlich sind (sowie weitere Kraftstöße zur Kompensation der Reibungseffekte tangential). Im ersten Beispiel geht es primär um die Einführung der Formel für die Zentripetalkraft.

Es geht hier nicht darum, falsche Gegensätze im Sinne eines „entweder/oder“ aufzubauen. Zur Physik gehört konstitutiv die Formalisierung und Mathematisierung. Jedoch gilt es, deren Stellenwert, Zeitpunkt und Zeitumfang zu korrigieren. Es sind Unterrichtsanteile zu Gunsten des begrifflichen Verstehens umzuverlagern. Die Zeit für das Experiment mit dem Medizinball und anschließende Diskussionen über andere Kreisbewegungen, die Schüler erfahren haben und meist unter dem Stichwort „Zentrifugalkraft“ interpretieren, ist besser genutzt als eine langwierige quantitative Auswertung des genannten Demonstrationsversuches. Letzterer kann später in gestraffter Form zur Bestätigung einer deduktiven Herleitung von  $F = mr\omega^2$  genutzt werden – es sei denn, der Versuch dient dazu, dass die Schüler die graphische Auswertung von Messdaten lernen sollen. Dann ist aber nicht wirklich die Zentralbewegung das Thema.

Wie schwer die Bewusstmachung von Unterschieden zwischen physikalischen und Alltagsbegriffen ist, wurde auch in einer Analyse der Aufgabeninhalte und der für ihre Lösung jeweilig notwendigen Kompetenzstufen beim TIMSS-Tests zur voruniversitären Physik deutlich. Die „Überwindung von Fehlvorstellungen“ erwies sich darin als höchste Stufe physikalischer Kompetenz (KLIEME 2000), noch vor „selbstständigem fachlichen Argumentieren und Problemlösen“. Viele Schüler scheitern aber bereits bei der Anwendung von Routineverfahren oder bei der Aktivierung von Sachwissen für die Erklärung einfacher Phänomene. Bei aller Notwendigkeit einer Stärkung des verstehenden Lernens darf der Physikunterricht daher nicht sein alleiniges Ziel darin sehen, alle Schüler zur vollen begrifflichen Durchdringung der behandelten Inhaltsbereiche zu führen. Es geht natürlich auch um sicheres Faktenwissen sowie um formale und experimentelle Fertigkeiten. Ein absolut gesetzter Anspruch des verstehenden Lernens würde die Physik für breite Schülergruppen noch schwieriger erscheinen lassen, als das bereits jetzt der Fall ist.

## Aufgabenkultur

Ein auf Verstehen und Problemlösen angelegter Unterricht erfordert andere Aufgaben für Erarbeitungs-, Übungs- und Prüfungsphasen. Gleichzeitig werden Schüler ihre Aufmerksamkeit im Unterricht nur dann anders gewichten, wenn es für Klausuren nicht mehr allein darauf ankommt, die an der Tafel stehenden *Formeln* zu lernen. Eine Umorientierung des Unterrichts zum verstehenden Lernen muss sich gleichzeitig bei Prüfungen in einer Umgewichtung zwischen physikalischen „Rechenaufgaben“ und physikalischen „Denkaufgaben“ ausdrücken (siehe auch SCHECKER 1988). An Änderungen bei den Aufgabenstellungen müssen sich alle neuen Unterrichtskonzeptionen letztlich messen lassen. Daher kommt der Aufgabenkultur eine so große Bedeutung zu. Im BLK-Modellprogramm SINUS ist das Modul (1) „Weiterentwicklung einer Aufgabenkultur“ das am häufigsten gewählte Modul.

Zu einer neuen Aufgabenkultur gehören Konsequenzen in zwei Bereichen:

- (1) andere Aufgabenstellungen,
- (2) erweiterte Einsatzkontexte für Aufgaben.

## Aufgabenstellungen

Ein Hauptkritikpunkt an Physikaufgabenstellungen liegt in der Fokussierung auf eine ganz bestimmte Lösung und einen ganz bestimmten Lösungsweg. Schüler verfolgen häufig folgende Strategien, um Aufgaben zu lösen (vgl. HÄUBLER & LIND 2000):

- *Rückwärtssuche*: Man suche nach einer Formel, in der die gesuchte Größe und die gegebenen Größen stehen, stelle diese nach der gesuchten Größe um und setze ein. Wenn in der Formel weitere, unbekannte Größen auftreten, suche man nach weiteren Formeln, die man geschickt so umformt und einsetzt, dass die gesuchte Größe ermittelt werden kann.
- *Orientierung an bekannten Beispielen*: Man erinnere sich an ähnliche, bereits gelöste Aufgaben und orientiere sich an deren Lösung. Diese Strategie ist für Schüler gefährlicher als die Rückwärtssuche, zum Beispiel wenn aus Ähnlichkeiten in der Formulierung auf der Oberfläche der Aufgaben fälschlicherweise auf gleiche Tiefenstrukturen geschlossen wird. Anwendungsaufgaben, die Schülern solche Herangehensweisen nahe legen, leisten der Konzentration auf Lösungsschemata Vorschub und behindern gleichzeitig das Erreichen befriedigender (Teil-)Lösungen für Schüler auf unterschiedlichen Fähigkeitsniveaus. Es gibt eine ganze Reihe von Möglichkeiten, um Aufgaben anders zu gestalten (siehe auch HÄUBLER & LIND 2000, 1998):
  - Aufgaben, bei denen mehr Angaben gemacht werden, als zu ihrer Lösung notwendig sind. Dies ist eine einfache Möglichkeit, der Rückwärtssuche entgegenzutreten. Schüler müssen überlegen, welche Angaben tatsächlich relevant sind.
  - Aufgaben, zu deren Lösung unterschiedliche physikalische Prinzipien herangezogen werden können, zum Beispiel die Newtonsche Dynamik oder die Energieerhaltung.
  - Aufgaben, bei denen etwas mit vorgegebenen Mitteln entworfen und gebaut werden soll, zum Beispiel eine empfindliche Waage, eine tragfähige Brücke oder ein Schiff mit Wasserantrieb (siehe z.B. LABUDE 1993, S. 86 ff.).
  - Aufgaben, die sowohl über eine Rechnung als auch über Zeichnungen oder eine halbquantitative Argumentation gelöst werden können.
  - Aufgaben, die eigenständige Recherche und Abschätzungen eingehender Parameter verlangen, zum Beispiel die Bewertung der These, man könne den gesamten Energiebedarf Deutschlands durch die täglich eingestrahlte Sonnenenergie decken.

Gemeinsam ist diesen Aufgaben eine größere „Offenheit“. Besonders wenn die offeneren Aufgaben in einer *Prüfungssituation* eingesetzt werden, geht damit ein höherer Bewertungsaufwand einher. Zu klären ist auch die Gleichwertigkeit unterschiedlicher Lösungswege. Ein Vorteil offenerer Aufgabenstellung in *Übungs-* und *Festigungsphasen* besteht darin, dass die Schüler subjektiv befriedigende Lösungen auf unterschiedlichen Wegen und auf unterschiedlichen physikalischen Niveaus erreichen können. Erfolgserlebnisse vermitteln die Erfahrung eigener Kompetenz. Auch Schüler, die eine funktionierende Feinwaage gebaut haben, ohne dass sie anhand der Hebelgesetze ihr Funktionieren erklären oder sogar berechnen können, sind zu einem *Ergebnis* gekommen. In Prüfungsphasen kann dieser positive Effekt offener Aufgabenstellungen für schwächere Schüler hingegen aufgehoben werden. Die „Offenheit der Aufgabenstellung“ war bei den Aufgaben zur voruniversitären Physik eine entscheidende Variable für den TIMSS-Schwierigkeitsparameter (siehe KLIEME 2000).

## Einsatzkontexte

Aufgaben werden im Physikunterricht bisher vorwiegend zum Üben und Prüfen eingesetzt. Dabei ist die Übung in der Regel die Vorbereitung auf die Prüfung. Nicht ausgeschöpft wird das Potenzial von Aufgaben für *Erarbeitungsphasen*. Das *Nachvollziehen* von Lösungswegen zu Aufgaben in einem neuen Themengebiet und ein damit verbundenes *Selbsterklären* der Lösungsschritte – sich selbst oder einem Partner – sind sehr lernwirksam (siehe dazu HÄUBLER & LIND 2000; REINHOLD, LIND & FRIEGE 1999). Lernen an Lösungsbeispielen bei der Einführung in ein neues Themengebiet kann motivierender wirken als die Konfrontation der Schüler mit einer offenen Einstiegsfrage. Mit der Notwendigkeit, das für deren Strukturierung und Bearbeitung notwendige Wissen selbst zu erarbeiten, sind leistungsschwächere Schüler oft überfordert.

Wenn Aufgabenstellungen als „Lernaufgaben“ eingesetzt werden, kommt dem Umgang mit Fehlern eine ganz andere Bedeutung zu als bei „Prüfungsaufgaben“. „Aus Fehlern lernen“ heißt hier das Prinzip (SINUS-Modul 3). Wenn es sich bei der Aufgabenstellung um ein *Problem* handelt, liegen die Fehler häufig nicht in mathematischen Unzulänglichkeiten begründet, sondern in mangelndem begrifflich-qualitativem Verständnis oder planlosem Herangehen. Es ist dann hilfreich, wenn Schüler ihre eigenen fehlerhaften Überlegungen aufschreiben, diagnostizieren und die Unterschiede zur physikalischen Lösung benennen.

Der Einsatzzweck und -kontext von Aufgaben hat wesentlichen Einfluss auf die Aufgabenformulierung. Aufgaben zur Erarbeitung, zum Üben und zum Prüfen sind jeweils spezifisch zu formulieren. Eine noch andere Funktion haben Aufgaben in einer breit angelegten Querschnittserhebung wie TIMSS zur Messung des globalen Leistungsstands einer großer Population (Screening). TIMSS-Aufgaben sind für den Unterricht daher allenfalls in Prüfungssituationen nutzbar und müssen dann mit dem spezifischen Unterrichtskonzept abgeglichen werden. Für Erarbeitungsphasen sind sie nicht konstruiert. Aus der mangelnden Differenzierung zwischen den Einsatzkontexten erklärt sich – abgesehen von einigen zu Recht benannten fachlichen Mängeln – der Großteil der Kritik an den TIMSS-Aufgaben zur Physik (siehe dazu HAGEMEISTER 1999; BAUMERT u.a. 2000).

## Vernetzung

„Vernetzung“ meint in der *horizontalen* Dimension eine stärkere Verknüpfung der physikalischen Inhalte mit denen anderer Fächer – besonders Biologie, Chemie und Mathematik – und in der *vertikalen* Dimension mehr Bezüge zwischen den physikalischen Themengebieten. Beides sind primär curriculare Handlungsfelder. Die vertikale Dimension ist über die Abfolge der Themengebiete mit der *zeitlichen* verbunden. Es geht daher methodisch auch um mehr Wiederholen, Üben und Anwenden in mäßig variierten

Kontexten. Hintergrund ist die bei TIMSS diagnostizierte zu geringe Kumulation des Wissens. Schüler lernen in Physik zu stark additiv und zu wenig kumulativ. Beim Hinzulernen werden physikalische Sachverhalte unverbunden hintereinander gestellt. Besonders in der Sekundarstufe I besteht diese Gefahr, noch verstärkt durch lückenhafte Studententafeln, in denen der Physikunterricht für mehrere Halbjahre ausfällt.

### **Horizontale Vernetzung**

Für die horizontale Vernetzung gibt es gute und ausbaufähige Konzeptionen, die von der Fächerkooperation (SCHECKER & WINTER 2000; BINGO 2000) bis zur Fächerintegration reichen (PING 2000). Alle neueren Physiklehrpläne beinhalten einen Abschnitt zum fächerübergreifenden Arbeiten und benennen Schnittstellen zumindest zu den beiden anderen Naturwissenschaften. Materialien dafür wurden in den fachdidaktischen Zeitschriften in den letzten Jahren umfangreich veröffentlicht. Die Umsetzung fächerübergreifenden Arbeitens ist eine Frage der Zusammenarbeit zwischen Lehrkräften verschiedener Fächer. Das erfordert Teamfähigkeit und Zeit für die notwendigen Abstimmungs- und Vorbereitungsprozesse.

Der Physikunterricht hat traditionell die größte Affinität zum Mathematikunterricht. Viele Physiklehrer unterrichten als zweites Fach Mathematik. Der Vorteil einer inhaltlichen Abstimmung ist besonders für die Oberstufe evident. Eine fehlende Abstimmung in der 11. Jahrgangsstufe zwischen der Einführung der Infinitesimalrechnung in Mathematik und ihrer Nutzung in der Physik wird zu Recht beklagt. In der Vernetzung mit der Mathematik liegt jedoch kein vorrangiges Handlungsfeld. Die Bezüge sind bereits jetzt eher zu stark. Assoziativ hat aus Sicht der Schüler die Naturwissenschaft Physik mehr mit der Geisteswissenschaft Mathematik zu tun als mit der Naturwissenschaft Biologie (siehe DENGLER 1995). Das zeigt, wo der Entwicklungsbedarf liegt.

### **Vertikale Vernetzung**

Aus Sicht der Schüler scheinen die nacheinander behandelten Inhalte wenig Zusammenhang aufzuweisen. Das steht im augenfälligen Widerspruch zum Selbstverständnis der Wissenschaft Physik. Deren Fachsystematik liefert eine klare Abfolge der Themenbereiche, die sich im Aufbau der Lehrbücher und in der üblichen Kursfolge der Oberstufe widerspiegelt – bis hin zur Reihenfolge der Einführung physikalischer Begriffe innerhalb eines Themengebiets. Änderungen an dieser Reihenfolge oder gar eine Abkehr von der Fachsystematik als alleiniger Unterrichtsleitlinie gefährden aus Sicht der Lehrkräfte den Aufbau des Begriffsgebäudes. Diese Perspektive setzt jedoch die Kenntnis der Theoriestruktur der Physik bereits voraus. Lerner verfügen darüber noch nicht. Leitkonzeptorientierte Curricula in den 1970er Jahren (besonders orientiert am Energiebegriff) hatten nicht den gewünschten Erfolg. Die grundlegenden Deutungsmuster der Physik – seien es Grundbegriffe wie „Energie“, „Impuls“ oder „Entropie“ oder übergeordnete Konzepte wie „Feld/Welle“ und „Teilchen“ oder noch abstraktere Prinzipien wie „Kausalität“, „(Un-)Bestimmtheit“, „Einfachheit/Einheitlichkeit“ – sie alle sind zur Wissensintegration erst von der Warte der Theorie aus geeignet.

Man kann das Problem der mangelnden Kumulativität durch Änderungen an der fachlichen Strukturierung der Physik in der Mittelstufe zwar abbauen, aber nicht ganz beseitigen. Physik in der Schule ist nicht in gleicher Weise kumulativ wie zum Beispiel Englisch. In der geometrischen Optik ist Wissen aus der Mechanik von geringer Relevanz, ebenso wie Wissen über elektrische Stromkreise in der Thermodynamik begrifflich wenig weiterhilft. Schlüssige Konzepte, wie man hier weiterkommt, liegen noch nicht vor, sieht man von einer radikalen curricularen Neugestaltung wie im „Karlsruher Physikkurs“ ab (HERRMANN 1998). Es ist bereits eine fachdidaktische Herausforderung, für Teilgebiete der Physik eine durchgehende Vernetzung zur realisieren, wie das von SCHÖN und ERB für das Optikcurriculum in den Sekundarstufen I und II vorgeschlagen wird (ERB 1998). Erst mit zunehmender Abstraktion und Theorieorientierung wächst das physikalische Gedankengebäude zusammen, was auf Seiten der Schüler zu ver-

besserten Kumulationsleistungen führt. Die TIMS-Studie zur voruniversitären Physik belegt, dass durch die Behandlung der „Modernen Physik“ in Klasse 13 nicht nur etwas dazugelernt wird, sondern dass durch die Behandlung der Quantenphysik auch das Verständnis der klassischen Physik verbessert wird (vgl. BAUMERT u.a. 1998, S. 129 f.).

### **Zeitliche Vernetzung**

Die zeitliche Vernetzung durch intelligentes wiederholendes Üben ist eine äußere methodische Maßnahme, die einige strukturelle Grenzen der vertikalen Vernetzbarkeit physikalischer Sachverhalte, besonders in der Sekundarstufe I, abbauen kann. Auch ohne direkte Bezüge zum gerade behandelten Sachgebiet kann man in „aktuellen Stunden“ oder durch die Arbeit mit den Schülern an einem „Grundwissen der Physik“, das zum Beispiel auf Lernkarteikarten – oder auf einer klassen- bzw. kurseigenen Internetseite – festgehalten wird, zurückliegende Themen wieder aufgreifen. LABUDE (1999a, S. 48) benennt als eine mögliche Ursache für das bessere Abschneiden der Schweiz bei TIMSS in Physik den Umstand, dass in der Schweiz in einem vernünftigen Rahmen nicht nur der Stoff der vergangenen Wochen und Monate geprüft werden könne, sondern alles, was während der ganzen Schulzeit im betreffenden Fach vor der Prüfung erarbeitet wurde. Man vergleiche das mit den restriktiven deutschen Vorschriften für Aufgabenstellungen in der Oberstufe und der Abiturprüfung. Die regelmäßige Überprüfung des Grundwissens kann fairerweise nur dann erfolgen, wenn man dies auch regelmäßig im Unterricht aktiviert und in variierenden Kontexten übt. Ein Diskurs darüber, wie umfangreich das abprüfbare Grundwissen anzusetzen ist, muss dringend geführt werden. TIMSS setzt hier implizit Standards, an die man anknüpfen kann.

### **Curriculumrevision**

Die von TIMSS herausgearbeitete Diskrepanz zwischen angestrebten Kompetenzen (intendiertes Curriculum) und erreichtem Fähigkeitsniveau wird aus zwei Quellen gespeist: einmal aus den mangelnden Leistungen der Schüler und zum anderen aus dem Niveau des intendierten Curriculums. Abgesehen von den notwendigen Anstrengungen, durch eine verbesserte Unterrichtsgestaltung die Leistungen der Schüler zu steigern, gilt es auch, das Curriculum zu überdenken. Wenn TIMSS und die internationalen Ergebnisse der Schülervorstellungsforschung ernsthaft zur Kenntnis genommen werden, die man auch so lesen kann, was Schüler alles *nicht* lernen, dann muss die Konsequenz lauten, das Curriculum ein Stück weit an das Machbare, das heißt das Vermittelbare, anzupassen. Es hat mehr Sinn, Schüler in der Sekundarstufe I erfolgreich auf ein Niveau zu führen, das sie in ihrem Verständnis naturwissenschaftlicher Zusammenhänge weiterführt, auch wenn es noch nicht im streng physikalischen Sinne vollständig korrekt ist, als einen Großteil der Schüler an einem zu hohen Anspruch an Vollständigkeit und wissenschaftlicher Korrektheit scheitern zu lassen. Ein Beispiel ist der Spannungsbegriff, den nur sehr wenige Schüler wirklich verstehen lernen (siehe bereits VON RHÖNECK 1980). Dennoch gelingt vielen der Aufbau einfacher elektrischer Schaltungen in einem instrumentellen Umgang mit Bauteilen und Messgeräten. Zwischenzustände zwischen lebensweltlichem und fachwissenschaftlichem Verständnis sind für viele Schüler als ein Erfolg anzusehen und als Ergebnis eines *Lern*prozesses.

Solche Zwischenzustände sollten in eine abgestufte Beschreibung von Lernerträgen am Ende der Sekundarstufe I eingehen. Die nie versiegende Diskussion um die Entrümpelung von Curricula, oder vornehmer ausgedrückt, um stoffliche Begrenzung, kann so als Entwicklung *realistischer* Lernziele auf Basis der Ergebnisse empirischer Lehr-Lern-Forschung eine andere Qualität erlangen. Voraussetzung hierfür ist eine engere Zusammenarbeit zwischen Praktikern und Fachdidaktikern in Lehrplankommissionen.

## Interesse und Selbstvertrauen

Interesse und Selbstvertrauen in die eigene Leistungsfähigkeit waren Bestandteile der TIMSS-Befragungen. Geschlechtsspezifisch betrachtet zeigen Jungen durchweg bessere Leistungen und mehr Selbstvertrauen, teilweise sogar eine überzogene Vorstellung von der eigenen Leistungsfähigkeit. Mädchen hingegen tendieren dazu, bei durchschnittlich schlechteren Leistungen ihre Kompetenz sogar noch zu unterschätzen. Der Zusammenhang zwischen Selbstkonzept und Lernerfolg in Physik ist auch aus anderen Studien bekannt (z.B. HOFFMANN & HÄUßLER 1997). Ebenso klar belegt ist das geringere Interesse von Mädchen an physikalischen Sachverhalten und am Fach Physik. Maßnahmen, die diese Defizite abbauen, sind von wesentlicher Bedeutung für die Wirksamkeit und den Bestand des Physikunterrichts. Das Problem aussterbender Physikkurse aufgrund zu geringer Anzahlen in der Oberstufe wäre sofort gelöst, wenn sich das Zahlenverhältnis zwischen Mädchen und Jungen in diesen Kursen von 1 zu 9 auf zum Beispiel 4 zu 6 verbessern würde. Dafür müssen in der Sekundarstufe I die Grundlagen gelegt werden.

Das geringere Interesse von Mädchen an Physik gilt nur im Mittelwert. Es lassen sich physikalische Inhalte benennen, die bei Mädchen auf erhöhtes Interesse stoßen (siehe HOFFMANN, HÄUßLER & LEHRKE 1998). Dazu zählen Phänomene mit engem Natur- und Umweltbezug (statt Technikbezug), Themen mit Bezug zum menschlichen Körper (z.B. aus der Medizin) – generell *anwendungsbezogene* Themen. Die Ausrichtung des Physikunterrichts an den Interessen der Mädchen nützt den Mädchen, ohne den Jungen zu schaden (umgekehrt gilt das, nach einem bekannten Zitat von WAGENSCHNEIDER, nicht). Unterrichtsvorschläge liegen vor (siehe z.B. LABUDE 1999b).

Ebenso wichtig wie die skizzierte thematische Weiterentwicklung ist das subjektive Kompetenzerleben der Mädchen. Dafür kann die Lehrkraft einiges im Sinne einer Überkompensation tun. Aus empirischen Untersuchungen ist bekannt, dass Mädchen im naturwissenschaftlichen Unterricht seltener aufgerufen und weniger gelobt werden (FAULSTICH-WIELAND 1991). Trifft solches Lehrerverhalten auf ein geringeres Selbstwertgefühl, so verstärkt sich der Effekt. Notwendig ist vielmehr zur Kompensation eine besondere Beachtung der Mädchen und verstärkte positive Rückmeldungen zum Lernfortschritt. Auch ein zeitweiser getrennter Unterricht kann helfen; allerdings sind die Erfahrungen damit bisher zwiespältig.

## Unterrichtsdrehbuch (Skript)

Während die TIMS-Videostudie zum Mathematikunterricht äußerst interessante Ergebnisse erbracht hat, sind vergleichbare empirische Untersuchungen zum Physikunterricht erst angelaufen. Dennoch gibt es ein typisches Bild vom Physikunterricht, das LEISEN (1999) aus langjähriger Erfahrung – auch als Lehrerausbilder – folgendermaßen beschreibt:

- (1) Die Stunde beginnt mit der Demonstration eines physikalischen Phänomens oder mit einer themenbezogenen Problemfrage.
- (2) Es folgt eine Erörterung von Hypothesen oder Lösungsansätzen im fragend-entwickelnden Unterrichtsgespräch, das auf einen vorbereiteten Versuchsaufbau hinausläuft.
- (3) Im Demonstrationsexperiment unter Schülermitwirkung erfolgt die Hypothesenbestätigung oder der experimentelle Beleg für die Problemlösung.
- (4) Die Ergebnisse werden unter Einbindung von Schülerbeiträgen an der Tafel dokumentiert und von den Schülern in das Heft übernommen.
- (5) Die Stunde schließt mit weiterführenden Fragen, weiteren Anwendungsbeispielen, Ergänzungen oder experimentellen Demonstrationen.



Die Ähnlichkeit zum „kulturellen Skript“ des deutschen Mathematikunterricht nach TIMSS-Video ist evident: enge Führung im fragend-entwickelnden Unterrichtsgespräch in Richtung auf ein bestimmtes, vorher feststehendes Ergebnis. Nicht das Verfahren an sich ist zu problematisieren, sondern seine Monokultur. Zur Professionalisierung der Unterrichtsgestaltung gilt es, das Muster bewusst zu machen und Alternativen zu entwickeln. Eine Alternative wurde oben bereits angeführt:

- Erarbeitungsphase mit gelösten Beispielaufgaben zu einem Sachgebiet, Selbsterklärungen und Fehlerdiagnosen.

Im Folgenden werden weitere Elemente zur Anreicherung der Unterrichtsdrehbücher vorgeschlagen. Dabei stehen die „Kleinformen“ der Unterrichtsgestaltung im Vordergrund. Weiterreichende Großformen wie der Projektunterricht oder die Nutzung außerschulischer Lernorte sollen hier nicht besprochen werden.

- Einstieg über die Demonstration eines physikalischen Phänomens (z.B. eines mechanischen Resonanzphänomens) *ohne* begleitende Erklärungen oder Leitfragen; die Schüler schreiben ihre Beobachtungen auf und machen Vorschläge für mögliche Untersuchungsfragen, Messungen oder experimentelle Varianten.
- Schüler entwickeln nach einer Erarbeitungsphase selbst Aufgaben, die dann in der Klasse wechselseitig bearbeitet werden.
- Predict-Observe-Explain-Verfahren (POE): Vor einem Experiment oder einer Simulation formulieren die Schüler jeweils ihre Erwartungen über den Ausgang und halten sie schriftlich fest; das Phänomen wird beobachtet und die Ergebnisse werden festgehalten; es folgt die explizite Gegenüberstellung von Erwartungen und Erfahrungen sowie die Erarbeitung von Gründen für mögliche Diskrepanzen.

Am Beispiel des POE-Verfahrens kann man zeigen, wie bereits kleine Änderungen am Skript große Lerneffekte bewirken können. So ließ sich zum Beispiel der Lernzuwachs in einer Unterrichtseinheit zur Wärmelehre allein durch diese Maßnahme wesentlich verbessern (LINN u.a. 1993).

LEISEN (in Druck) wünscht sich insgesamt eine abwechslungsreichere Sequenzierung des Unterrichts: „Nach einer ersten Information wird der neue Stoff bereits auf elementarer Basis mittels einfacher Rechenaufgaben, Einsetzaufgaben und Zeichenaufgaben eingeübt. In einer anschließenden kurzen Erarbeitungsphase unter Einbezug von Experimenten wird im Lehrer-Schüler-Gespräch neuer Stoff erarbeitet. In komplexeren Aufgaben mit Kontextbezügen wird dieser anschließend eingeübt. (...) Wiederholungsübungen werfen den Blick zurück und Strukturierungen bereiten zukünftiges Lernen vor.“

## Lehrerbildung

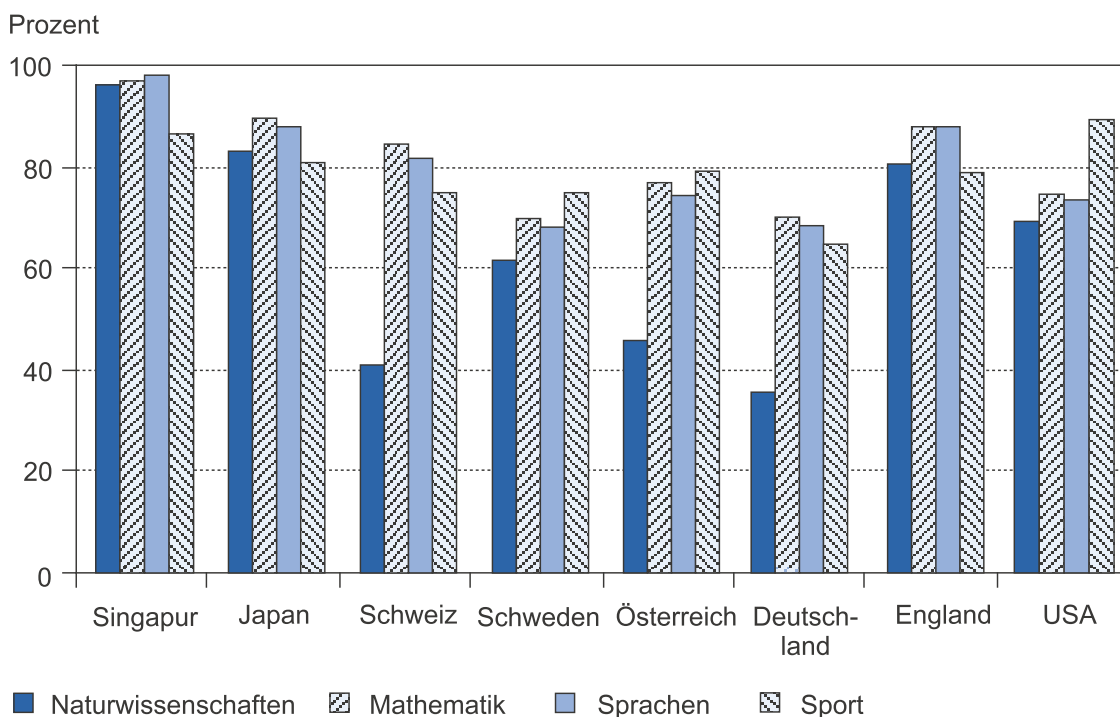
Eine Verbesserung des Physikunterrichts lässt sich vor allem durch Lehrerbildung erreichen. Aus TIMSS ebenso wie aus empirischen fachdidaktischen Untersuchungen ergibt sich, dass der Ansatzpunkt mehr bei einer verbesserten Unterrichtsmethodik liegt als bei veränderten Elementarisierungen physikalischer Sachverhalte. Das gilt für die erste und zweite Ausbildungsphase wie für die Fortbildung. BERGE und DUIT (2000) verlangen zu Recht eine entsprechende Schwerpunktverlagerung der Fachdidaktik. Es wird in der Zukunft darum gehen, Fachwissenschaft und Schüler als gleichberechtigte Determinanten des Lehr-Lern-Prozesses zu akzeptieren und bei der Konstruktion von Unterricht zu berücksichtigen.

Das Bild davon, wie Physikunterricht stattfindet bzw. stattfinden muss, hat sich bei den Lehrkräften verfestigt – nicht zuletzt aufgrund eigener Unterrichtserfahrungen als Schüler. Es ist ein schwieriges Unterfangen, dieses Schema aufzubrechen. FISCHLER (2000, S. 27) weist das für Lehramtsstudenten nach: „Die Studenten verbinden die wissenschaftlich gestützten Aussagen, die in den fachdidaktischen Veranstaltungen präsentiert werden, mit bereits vorhandenen Ansichten zum Lehren und Lernen zu individuellen Vorstellungen.“ Implizit wirksame Handlungsorientierungen müssen bewusst gemacht werden. FISCHLER (2000) nennt unter anderem *Ablauforientierung* (der Unterricht muss im Fluss gehalten werden; das

geht am besten mit den guten Schülern) und *Abschlussorientierung* (am Stundenende muss das vorgesehene „richtige“ Ergebnis erreicht sein, darauf sind ab Mitte der Stunde die Handlungen orientiert). Diese Mechanismen spielen vermutlich auch bei routinierten Lehrkräften eine Rolle. Sie wirken offeneren Aufgabenstellungen und der Auseinandersetzung mit alternativen Schülervorstellungen im Unterricht entgegen.

Ebenso wie bei Schülern für verstehendes Lernen Bezüge zu vorhandenen Vorstellungen herzustellen sind, lassen sich Fortschritte in der Unterrichtsgestaltung nur erzielen, wenn eingespielte Schemata hinterfragt werden. Angesichts der Bedeutung, die der Lehrerbildung zukommt, ist es erstaunlich, dass Lehrervorstellungen über Physikunterricht bisher wenig erforscht wurden. Aus laufenden Projekten im Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft „Die Bildungsqualität von Schule: Fachliches und fächerübergreifendes Lernen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht in Abhängigkeit von schulischen und außerschulischen Kontexten“ sind weiterführende Erkenntnisse zu erwarten.

**Abbildung 16: Antworten von Achtklässlern auf die Frage „Wie wichtig findet es Dein Freund / Deine Freundin, gut zu sein in ...“ (Naturwissenschaften / Mathematik / Sprachen / Sport)**



Quelle: BEATON u.a. 1996, S. 104

## Gesellschaftliches Umfeld

Die Überbetonung der internationalen Vergleichsskalen hat andere Komponenten von TIMSS in den Hintergrund gedrängt, die ebenso Aufmerksamkeit verdient hätten. Ein bedeutsamer Befund betrifft die Wertigkeit des naturwissenschaftlichen Unterrichts aus Sicht der Schüler. Die 14-Jährigen wurden gefragt: „Wie wichtig findet es Dein Freund, gut zu sein in Naturwissenschaften, Mathematik, Sprachen usw.?“ Aus den Daten sieht man, dass in Deutschland die Naturwissenschaften deutlich hinter den anderen Fächern und Fächergruppen zurückstehen (siehe Abbildung 16). Mathematik kann sich dagegen hoher Wichtigkeitszumessung erfreuen. Entsprechend gering wird bei einer anderen Frage die Bedeutung von Naturwissenschaften für den späteren Beruf gesehen. Hier fällt der starke Abfall gegenüber den angelsächsischen und ostasiatischen Ländern auf. Diese Ergebnisse gehören zum Umfeld schulischer und gesellschaftlich-kultureller Einflussfaktoren auf den Physikunterricht. Ohne langfristige Veränderung in der gesellschaftlichen Wahrnehmung von Naturwissenschaft und Technik werden manche fachunterrichtlich fixierte Verbesserungsansätze ins Leere laufen. Maßnahmen zur Effizienzsteigerung müssen das Beziehungsgeflecht von Fachunterricht, Schulorganisation und die gesellschaftlich-kulturelle Rolle der Schule berücksichtigen.



# Konsequenzen und Reformimpulse

# Das DFG-Schwerpunktprogramm „Bildungsqualität von Schule“ (BIQUA): Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen

JÖRG DOLL & MANFRED PRENZEL

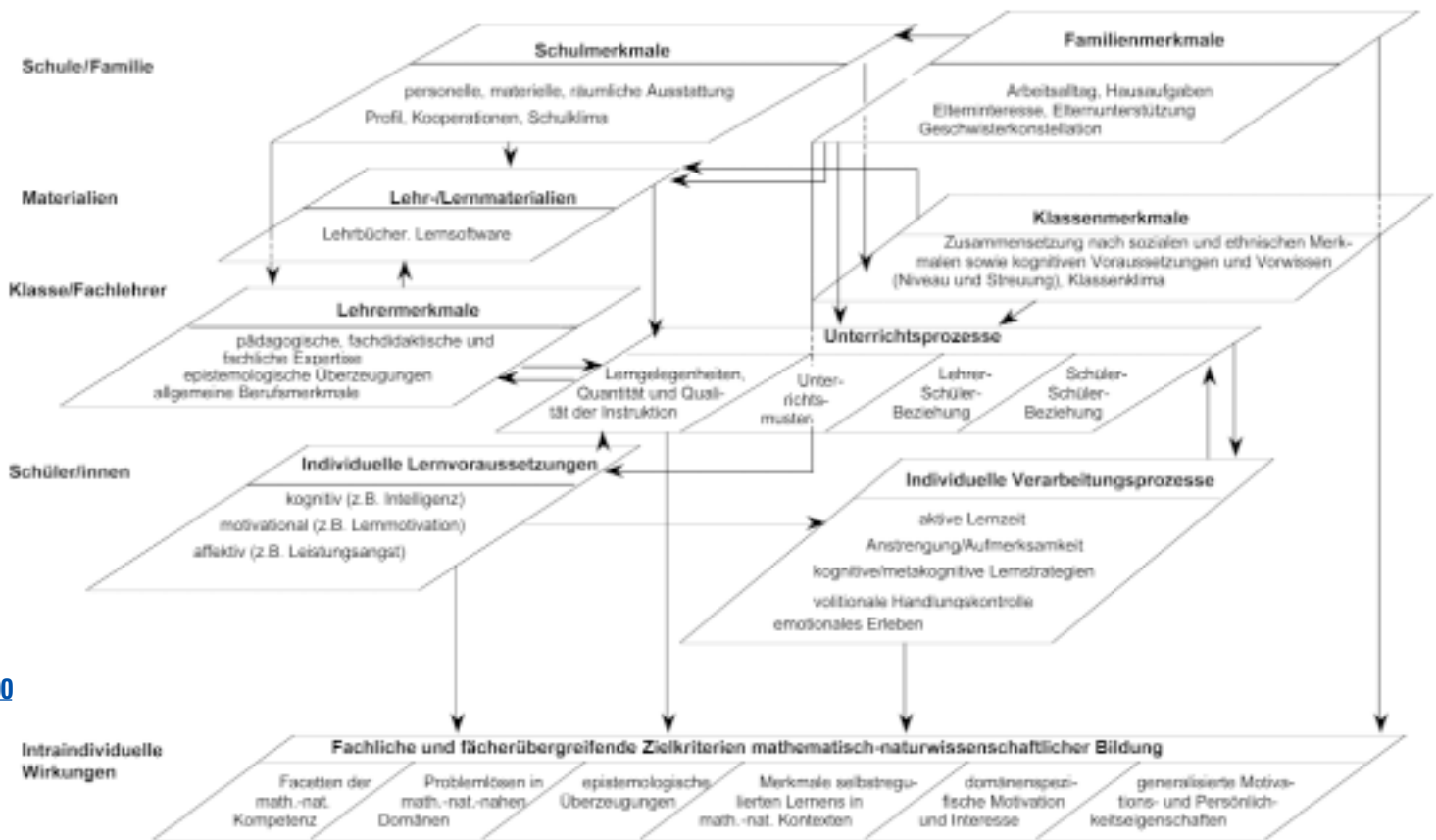
Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel

## Problem- und Zielstellung des Schwerpunktprogramms

Die Qualität der mathematisch-naturwissenschaftlichen Bildung, die an deutschen Schulen erreicht wird, bleibt hinter internationalen wie nationalen Bezugsmaßstäben zurück. Die durch TIMSS im Detail beschriebenen Schwächen deutscher Schüler verlangen nach Erklärungen und nach erfolgversprechenden Maßnahmen zu ihrer Verbesserung. Der aktuelle Forschungsstand zeigt, dass für die Qualität des Lernens im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht nicht nur Merkmale der unmittelbaren Lehr-Lern-Umgebung ausschlaggebend sind. Ob und wie die Schüler Lernanforderungen und Lerngelegenheiten im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht wahrnehmen und aufgreifen, hängt wesentlich auch von Faktoren schulischer und außerschulischer Kontexte ab. Dem schulischen Kontext können zum Beispiel das Klima, das Profil und die Ausstattung einer Schule zugeordnet werden; dem außerschulischen Kontext zum Beispiel das Elternhaus und dessen Schulbezug, die Gleichaltrigengruppe mit ihren Interessen, Überzeugungen und Einstellungen oder auch curriculare Vorgaben auf Bundesländerebene. Abbildung 17 zeigt ein Rahmenmodell der schulischen und außerschulischen Bedingungen auf Mikro-, Meso- und Makroebene, die Einfluss nehmen können auf den Erfolg mathematisch-naturwissenschaftlicher Bildung.

Wie im Einzelnen bedeutsame Kontextmerkmale mit Unterrichtsmerkmalen zusammenwirken und das schulische Bildungsgeschehen beeinflussen können, ist bisher noch unzureichend theoretisch modelliert und empirisch untersucht worden. Ein tieferes Verständnis dieser Zusammenhänge würde Möglichkeiten eröffnen, um schulische Bildungsprozesse durch die Unterrichtsgestaltung und durch ein abgestimmtes Einbeziehen und Modifizieren von Kontextfaktoren zu unterstützen. Im Rahmen des Schwerpunktprogramms BIQUA werden deshalb komplexere, das heißt Unterrichts- und Kontextmerkmale einschließende Bedingungsbeziehungen schulischer Bildung untersucht. Es werden erweiterte Erklärungsmodelle empirisch geprüft, und es sollen abgestimmte, unterrichts- und kontextbezogene Maßnahmen konzipiert und im Rahmen von Interventionsstudien erprobt werden.

**Abbildung 17: Mehrebenenanalytisches Rahmenmodell der Wirkung schulischer und familiärer Lerngelegenheiten auf fachliche und fächerübergreifende Zielkriterien von Bildung<sup>6</sup>**



100

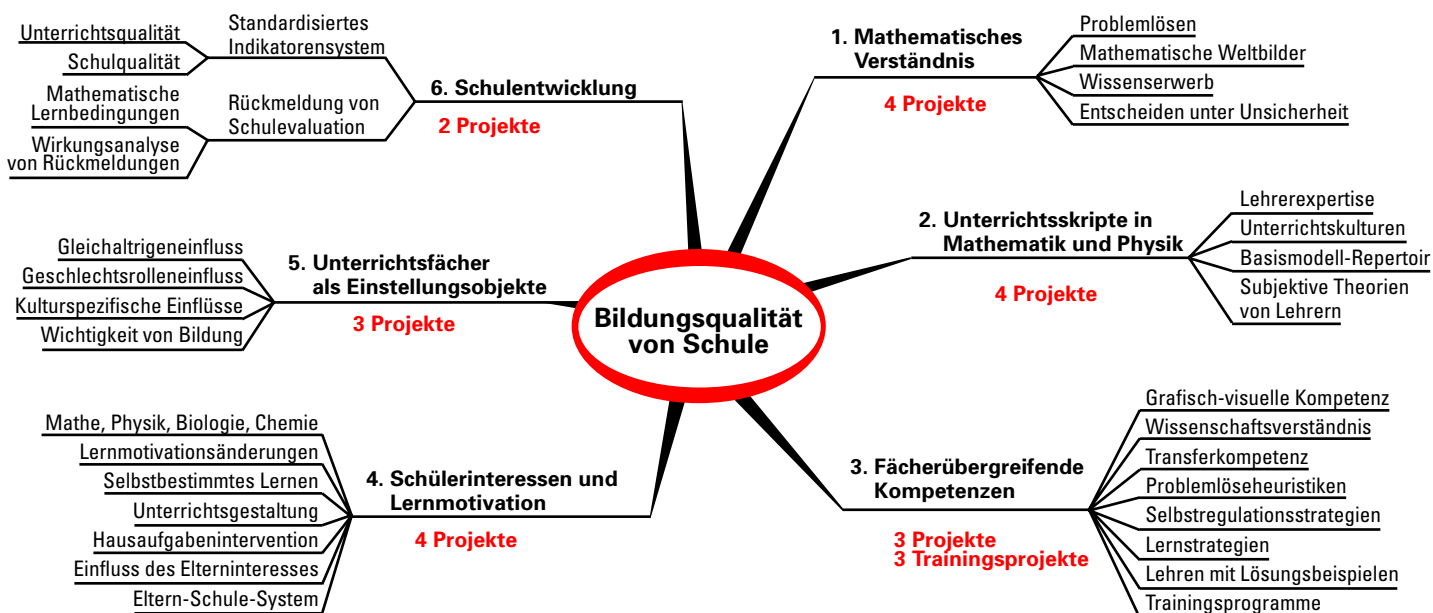
## Themenbereiche und Struktur des Schwerpunktprogramms

Das Schwerpunktprogramm BIQUA konzentriert sich inhaltlich auf den Bereich mathematisch-naturwissenschaftlicher Bildung. Es thematisiert aber zusätzlich über diesen Fachzusammenhang hinausweisende Lernprozesse, die zur Entwicklung fächerübergreifender Kompetenzen und bildungsrelevanter Persönlichkeitsmerkmale beitragen. Es sind insgesamt 23 Projekte beteiligt, die Fragestellungen aus den fünf Domänen Mathematik, Physik, Chemie, Biologie und Sachunterricht mit Schwerpunktsetzungen in den ersten beiden Domänen bearbeiten. Die Projekte beziehen bei der Analyse von Lehr-Lern-Umgebungen und Kontexteinflüssen das gesamte Schulspektrum mit ein: Ein Projekt gilt dem Lernen von Kindergartenkindern, acht Projekte sind in der Grundschule angesiedelt, 20 Projekte verfolgen Fragestellungen bei Schülern der Sekundarstufe I und vier Projekte bei solchen der Sekundarstufe II. Diese Projektzahlen summieren sich deshalb zu insgesamt mehr als 23 Projekten, da einzelne Projekte zwei Schulstufen im Längsschnitt oder im Querschnitt berücksichtigen.

Abbildung 18 gibt einen graphischen Überblick über die inhaltlichen Fragestellungen des Schwerpunktprogramms. Um gemeinsame Schwerpunktsetzungen deutlich zu machen, sind die 23 Projekte in sechs thematisch verwandte Gruppen gegliedert, die durch Angabe zentraler theoretischer Konzepte in der Abbildung illustriert werden.

<sup>6</sup> Die Abbildung folgt einem von Baumert für das OECD-Projekt PISA (Programme for International Student Assessment) entwickelten Konzept.

Abbildung 18: Themengruppen innerhalb des DFG-Schwerpunktprogramms BIQUA



In einer ersten Annäherung beschäftigen sich die Gruppen 1 bis 3 mit Unterrichtsforschung oder mit der Konzeption, Durchführung und Evaluation der Wirksamkeit von Trainingsprogrammen. Als Akteure werden Schüler, Lehrkräfte und das Schüler-Lehrer-System in den Blick genommen. Während die Gruppe 4 Interessen- und Motivationsforschung betreibt und als Akteure vor allem Schüler und das Schüler-Familien-System betrachtet, befasst sich Gruppe 5 mit Einstellungsforschung und konzentriert sich auf die Beeinflussung der Einstellungsbildung zu Unterrichtsfächern durch Merkmale des Schüler-Gleichaltrigen-Systems und des Schüler-Kultur-Systems. Die Gruppe 6 betreibt Forschung zur Qualitätskontrolle und Entwicklung von Schulen und zielt insbesondere auf Schulen, Kollegien und Lehrkräfte als Akteure und Verantwortliche für Innovationen im schulischen Feld.

Im Folgenden werden, strukturiert durch die Systematik dieser Gruppeneinteilung, kurz die Vorhaben aller 23 Einzelprojekte skizziert.

**Gruppe 1: „Förderung des mathematischen Verständnisses, Problemlösens und der Herausbildung zutreffender mathematischer Weltbilder von Schülerinnen und Schülern“**

Zu dieser Gruppe gehören vier Projekte. Das Projekt Berlin/Chemnitz untersucht Entscheidungsfindungen von Gymnasiasten in probabilistischen Entscheidungssituationen in Abhängigkeit von unterschiedlichen Wahrscheinlichkeitsdarstellungen im Unterricht und von Aufgabenbeispielen aus schüler-nahen Erfahrungsbereichen. Das Projekt Oldenburg/Gießen behandelt Lehrervorstellungen über den Charakter mathematischer Beweise und Schülervoraussetzungen als antezedente Bedingungen für das Erlernen mathematischer Problemlösens anhand von Beweisen in der Geometrie. Die beiden weiteren Projekte dieser Mathematikgruppe sind längsschnittlich konzipiert. Das Projekt München I<sup>7</sup> ist eine längsschnittliche Erweiterung der OECD-Erhebungen PISA II und PISA III. Es untersucht Schülervoraussetzungen und Merkmale der Kontexte Schulklasse und familiäre Lernumwelt in ihren Auswirkungen auf Entwicklungsverläufe von Mathematikleistungen bei Schülern der Sekundarstufe I. Das längsschnittliche Projekt

<sup>7</sup> Projekten wird wie im Fall von „München I“ dann ein Index zugewiesen, wenn aus derselben Universität noch weitere Projekte stammen.

Landau I untersucht ebenfalls die Wechselwirkungen von individuellen Lernvoraussetzungen, Unterrichtsmerkmalen und Merkmalen der familiären Lernumwelt auf mathematisches Verständnis und Lernmotivation von Schülern der Sekundarstufe I.

### **Gruppe 2: „Videographie von Unterrichtssequenzen in Mathematik und Physik: Diagnose, Analyse und Training erfolgreicher Unterrichtsskripte“**

Die Gruppe 2 fasst vier Projekte zusammen, die sich mit den Bedingungen erfolgreichen Unterrichts beschäftigen. Neuere kulturvergleichende Studien zum Mathematikunterricht zeigen, dass es kulturspezifische Grundmuster (Skripts) im Unterricht gibt, deren Bedeutung für die Lernanregung und den Lernerfolg bislang unterschätzt wurde. Diese Grundmuster von Unterrichtsabläufen werden in drei Projekten für die Domäne Physik (Berlin/Erfurt, Dortmund/Hamburg, Kiel) und in einem für die Domäne Mathematik (Berlin II) detailliert untersucht. Es werden weiterhin die Grundlagen dieser Skripts, nämlich Befunde zu Kognitionen und Einstellungen deutscher (und teilweise schweizer) Lehrer zu Unterricht, Lehren und Lernen in Mathematik und Physik vorgestellt. Außerdem werden typische Unterrichtsskripts durch Feinanalysen videographierter Unterrichtssequenzen beschrieben und gegebenenfalls durch Trainings modifiziert. Schließlich wird untersucht, welche Zusammenhänge zwischen einzelnen Skriptarten und Lernerfolg und Interesse von Schülern bestehen.

### **Gruppe 3: „Schulische Lehr-Lern-Umgebungen und außerschulische Trainings zur Entwicklung fächerübergreifender Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern“**

Gruppe 3 setzt sich aus sechs Projekten zusammen. Drei Projekte sind in schulischen Lehr-Lern-Umgebungen angesiedelt und drei analysieren außerschulisch durchführbare Trainingsmodule. Das Projekt Münster/Berlin geht der Frage nach, ob die Entwicklung eines Grundverständnisses für physikalische Basiskonzepte bereits bei Grundschulern gefördert werden kann und zwar durch zwei Unterrichtsmerkmale, durch die Art der Problemdarstellung im Unterricht und durch die Strukturiertheit der Lehr-Lern-Umgebung. Das Projekt Würzburg untersucht die Entwicklung eines basalen Wissenschaftsverständnisses bei Grundschulern und daraus ableitbare potenziell förderliche Effekte auf den Erwerb physikalischen Wissens im Sachkundeunterricht. Das Projekt Berlin I studiert bei Schülern der Sekundarstufe I die Fähigkeit zum Transfer über fachspezifische Aufgabenstellungen hinaus, die als „kritische Kompetenz“ bezeichnet wird. Es untersucht insbesondere die Frage, ob der Unterricht in mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern ein besonderes Potenzial zur Förderung dieser „Transferkompetenz“ in sich birgt.

Das Projekt Darmstadt praktiziert und evaluiert eines der drei Trainingsprogramme. Schülern werden hier Problemlöseheuristiken für das Fach Mathematik in Verbindung mit allgemeinen Selbstregulationsstrategien des Lernens vermittelt. Die Problemlöseheuristiken sollen zu einer größeren Beweglichkeit des Denkens bei der Lösung mathematischer Probleme befähigen. Das Projekt Erfurt entwickelt ein Trainingskonzept, um ebenfalls selbstreguliertes Lernen von Schülern zu fördern. Es soll ein modulares, fachspezifisches Lernstrategien aus der Mathematik enthaltendes Trainingsprogramm entwickelt werden, das eine Verbesserung des Lernens aus fachbezogenen Lehrtexten ermöglichen soll. Das Projekt Freiburg untersucht, wie Lehramtsstudierende in einer computerbasierten Lernumgebung den Einsatz von Lösungsbeispielen für ihren Mathematikunterricht trainieren können. Es geht den Fragen nach, wie Lösungsbeispiele günstig zu gestalten sind und wie Selbsterklärungen und instruktionale Erklärungen sinnvoll zu kombinieren sind.

### **Gruppe 4: „Förderung des Interesses und der Motivation von Schülerinnen und Schülern für mathematisch-naturwissenschaftliche Fächer: Zum Einfluss schulischer und familiärer Lehr-Lern-Umgebungen“**

Allen vier Projekten der Gruppe 4 ist gemeinsam, dass sie förderliche Effekte auf die Entwicklung von Interessen und Lernmotivation in den beiden Lehr-Lern-Umgebungen Schule und elterliches Zuhause untersuchen und dass sie daher längsschnittlich angelegt sind. Das Projekt Münster untersucht den Einfluss von Lehrerinteressen und von Elternmerkmalen auf die Entwicklung des Biologieinteresses. Dabei werden die Kinder bzw. Schüler erstmals im Kindergarten und später dann in der Grundschule befragt. Das Projekt Bie-



lefeld will Schüler vom Ende der Grundschule bis in die Sekundarstufe I hinein hinsichtlich der Entwicklung ihrer motivationalen Orientierungen und ihres Mathematikinteresses begleiten. Hierbei wird als zentrale Bedingungsvariable untersucht, inwieweit schulische und familiäre Lehr-Lern-Umgebungen auf die Bedürfnisse von Schülern abgestimmt sind. Das Projekt Essen/Bielefeld zielt darauf ab, Verbindungen zwischen Schule-Familie-Mesosystem durch Intervention zu verstärken und zu verbessern. Um dieses Ziel für das Verständnis komplexer chemischer Prozesse zu erreichen, wird ein nach konstruktivistischen Prinzipien gestalteter Chemieunterricht mit einer Hausaufgabenintervention mit aktiver Elternbeteiligung verbunden. Das Projekt Potsdam will die Veränderung spezifischer Lernmotivationskomponenten für die Fächer Mathematik und Physik im Verlauf der Sekundarstufe I beschreiben und erklären. Dabei werden vor allem die Auswirkungen des mathematisch-naturwissenschaftlichen Anregungsklimas des Elternhauses und die normativen Orientierungen der Mathematik- und Physiklehrer als potenzielle Bedingungsvariablen fokussiert.

### **Gruppe 5: „Mathematisch-naturwissenschaftliche Fächer als Einstellungsobjekte: Einflüsse von Makro- und Mesoebene auf die Einstellungsbildung“**

Drei Projekte bilden die Gruppe 5. Zwei Projekte untersuchen kulturspezifische Einflüsse auf die Einstellungsbildung zu mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern. Zentral für das Projekt Chemnitz ist die Hypothese, dass Interesse und Leistung in Mathematik vor allem deshalb bei deutschen Schülern verglichen mit dem internationalen Standard zurückgeblieben sind, weil die Gleichaltrigennorm Anstrengung und Erfolg im mittleren Jugendalter negativ sanktioniert. Die Gültigkeit dieser Annahme wird in einer deutsch-kanadischen Vergleichsstudie untersucht. Das Projekt Dortmund geht der Frage nach, ob in Deutschland mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern ein kulturell bedingtes spezifisches Image zugeschrieben wird, das sie von anderen Fächern unterscheidet. Das postulierte Image, das vermutlich von Schülern, Lehrkräften und Eltern geteilt wird, soll sich zusammensetzen aus den drei Merkmalen hoher Schwierigkeit, hoher Diagnostizität des Faches für den eigenen Fähigkeitsstand und dem Charakter eines „Jungenfaches“, und wird im Projekt Dortmund als theoretisches Konzept eingeführt, um das nur mittelmäßige Abschneiden deutscher Schüler im internationalen Vergleich zu erklären. Im Zentrum des Projekts Jena stehen Überzeugungssysteme zur Wichtigkeit und Nützlichkeit von Bildung und von mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern. Diese Überzeugungssysteme sollen bei Schülern am Übergang von der Grundschule ins Gymnasium untersucht werden hinsichtlich ihrer Bedingtheit durch Merkmale der schulischen und der familiären Lehr-Lern-Umgebungen, des Gleichaltrigeneinflusses und des Austauschs im Familie-Schule-Mesosystem.

### **Gruppe 6: „Qualitätssicherung auf Unterrichts- und Schulebene“**

Die Gruppe 6 besteht aus zwei Projekten. Das Projekt München II will ein standardisiertes Erhebungs- und Berichtssystem zur Qualitätskontrolle an Schulen entwickeln und erproben. Dieses Berichtssystem setzt sich zusammen aus theoretisch abgeleiteten Indikatoren zur Schul- und Unterrichtsqualität. Es soll den Schulen und Lehrkräften auf der Basis einer Referenzstichprobe der jeweiligen Schulart (Haupt-, Realschulen und Gymnasien) Vergleichsdaten zur Verfügung stellen, die ihnen die Einordnung der eigenen schul- bzw. unterrichtsspezifischen Ergebnisse erlaubt. Dem Projekt Landau II liegen dagegen bereits Evaluationsdaten aus einer Totalerhebung der Mathematikleistungen, Lernbedingungen und Schulkontexte in Rheinland-Pfalz aus dem Jahr 2000 vor. Es will diese Evaluationsinformationen verwenden, um Veränderungswissen zu gewinnen. Veränderungen bzw. Verbesserungen sollen dabei auf der Ebene von Unterricht und Schule dadurch eingeleitet werden, dass Schulleiterinnen, Schulleitern und Lehrkräften die Ergebnisse dieser externen Evaluation mathematischer Leistungen und Lernbedingungen an ihren Schulen zurückgemeldet werden. Das Anstoßen von Veränderungen basierend auf diesen Rückmeldungen soll dann wiederum evaluiert werden.

Weiterführende Informationen zu dem Schwerpunktprogramm, zusammenfassende Darstellungen der Einzelprojekte und zukünftige Publikationen aus dem Schwerpunktprogramm können im Internet eingesehen werden (siehe Anhang).

A close-up, blue-tinted photograph of a hand holding a fountain pen, writing on a document. The pen is black with a silver nib. The hand is positioned in the upper left, and the pen is angled towards the bottom right. The background is a blurred document with some faint lines and text. The overall mood is professional and focused.

**Mehr als nur eine  
Momentaufnahme**

# Möglichkeiten, TIMSS als Basis für die Schuldiagnostik und Schulentwicklung zu nutzen

ULRICH TRAUTWEIN & OLAF KÖLLER  
Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, Berlin

## Überblick

TIMSS wird und wurde in der Öffentlichkeit vor allem als eine Studie wahrgenommen, die Vergleiche des Leistungsstands in Mathematik und den Naturwissenschaften zwischen verschiedenen Nationen ermöglicht und Erklärungsansätze aufzeigt. Die Fachleistungstests und die zusätzlichen Messinstrumente aus TIMSS, die ein breites Spektrum motivationaler, emotionaler und sozialer Variablen auf Seiten der Schüler sowie wichtige Merkmale des Unterrichts und der Schulorganisation abdecken, bieten darüber hinaus eine besondere Chance für die Evaluation von Einzelschulen: Diese Instrumente decken wesentliche Aspekte von Schul- und Unterrichtsqualität ab, die auch bei der Selbstevaluation im Rahmen von Schulentwicklungsprozessen angesprochen werden. Da auf der Basis der TIMSS-Daten quasi national repräsentative Vergleichswerte, zum Beispiel von Schulformen, bestimmt werden können, kann sich jede einzelne Schule, sofern sie dafür offen ist, an TIMSS-Ergebnissen messen lassen. Solch eine Diagnostik auf einzelschulischer Ebene, die Anhaltspunkte für die eigene Schulentwicklung geben kann, ist also nicht nur für die Schulen möglich, die an der TIMSS-Studie selbst teilgenommen haben. Vielmehr ist auch der Fall denkbar, dass sich Schulen mit in TIMSS eingesetzten Instrumenten in den entsprechenden Altersgruppen untersuchen lassen und anhand der rückgemeldeten Ergebnisse Schlussfolgerungen für zukünftige Entwicklungsprozesse ziehen können. Dies setzt natürlich auf Seiten der involvierten Schulen die Bereitschaft voraus, offensiv mit Befunden solcher schuldiagnostischen Maßnahmen umzugehen.

Wie solche zusätzlichen Erhebungen unter Nutzung der TIMSS-Instrumente aussehen können, soll in diesem Beitrag anhand einer Untersuchung an fünf hessischen Gesamtschulen aufgezeigt werden. Dabei wird insbesondere darauf eingegangen, wie spezifische Gegebenheiten an einer Schule (Zusammensetzung der Schülerschaft, besonderes pädagogisches Profil) so berücksichtigt werden können, dass ein umfassendes und faires Gesamtbild einer Schule entsteht. Außerdem wird anhand einiger Beispiele aufgezeigt, welche Bandbreite von Instrumenten neben den Leistungstests bei solchen Untersuchungen zur Verfügung stehen. Wir geben im Folgenden zunächst einen allgemeinen Überblick über das Projekt und einige schulübergreifende Befunde, bevor wir anhand zweier Fallstudien wichtige Aspekte der Untersuchung illustrieren.

## Teilnehmende Schulen

Die Initiative zu der vorliegenden zusätzlichen Erhebung ging von fünf hessischen Gesamtschulen bzw. ihren Vertretern aus. Erfolgreiche Schulentwicklung heißt für diese Schulen auch, sich Rechenschaft darüber abzulegen, ob das eigene Programm den Erfolg hat, den man sich von ihm verspricht. An der Studie nahmen auf Wunsch der Schulen sämtliche 8. Jahrgänge teil. Vier der teilnehmenden Schulen sind Versuchsschulen des Landes Hessen, und alle Schulen zeichnen sich durch eine Vielfalt spezieller Charakteristika in Hinsicht auf Struktur, Unterrichtsorganisation und Schülerschaft aus, die an dieser Stelle jedoch nur bruchstückhaft wiedergegeben werden können. Zwei der fünf Schulen nehmen beispielsweise am KMK-Modellversuch zur klasseninternen Differenzierung in Englisch und Mathematik teil, eine dritte setzt zunehmend Formen des „Selbstständigen Lernens“ ein, in der vierten Schule lernen

die Kinder in jahrgangsübergreifenden Gruppen und die fünfte Schule setzt ein intensives Integrationsprogramm für Kinder nicht-deutscher Muttersprache um. Neben gemeinsamen Elementen (z.B. Betonung des Projektunterrichts und offener Lernformen jenseits des Standardcurriculums) gibt es auch wesentliche Unterschiede zwischen den Schulen (z.B. Art der Leistungs differenzierung in Mathematik). Wie in Hessen bei Gesamtschulen üblich, bieten alle Schulen Unterricht nur in der Sekundarstufe I an. Sofern Schüler also die allgemeine Hochschulreife anstreben, müssen sie nach der 10. Jahrgangsstufe in eine gymnasiale Oberstufe an einer anderen Schule wechseln.

Aus unserer Sicht ist es für die weitere Interpretation der Befunde aus den fünf Schulen zentral, sie in die „Gesamtschullandschaft“ des deutschen Sekundarschulsystems einzuordnen. Es hat sich bewährt, drei Typen von Gesamtschulen zu unterscheiden:

Schulen des ersten Typus, *Gesamtschulen als Einzelschulen besonderer Prägung innerhalb eines reichhaltigen Schulangebots*, ergänzen in der Regel das Schulangebot einer (städtischen) Region, ohne einen nennenswerten Anteil der Schülerschaft eines Jahrgangs zu rekrutieren, und sichern sich hierbei ihre Attraktivität durch ein besonderes pädagogisches Programm. Liegt die Nachfrage nach solchen Gesamtschulen erheblich über der Kapazität, so verfügen diese Schulen auch über eine leistungsmäßig ausgewogene oder gar positiv selektierte Schülerschaft.

Schulen des zweiten Typus, die *Gesamtschulen als Teil der schulischen Basisversorgung einer Kommune*, haben sich in den 1980er Jahren unter gewissen Bedingungen zu einer attraktiven Lösung für kommunale Schulversorgungsprobleme entwickelt, da auch in strukturschwächeren Gebieten bzw. jungen Gemeinden durch die Einrichtung einer Gesamtschule oder durch die Umwandlung anderer Schulen in eine Gesamtschule eine Basisversorgung gewährleistet werden kann. Diese Schulen binden dann zu meist einen hohen Prozentsatz der Schüler aus dem Einzugsgebiet.

Der dritte Typus, *Gesamtschulen unter Konkurrenzdruck*, findet sich insbesondere in städtischen Ballungsgebieten in scharfem Wettbewerb mit dem traditionellen dreigliedrigen Sekundarschulsystem. Die Schülerschaft dieser Gesamtschulen ist häufig gekennzeichnet durch den so genannten doppelten *Creaming-Effect*, also durch das Fehlen von besonders starken und besonders schwachen Schülern.

Vier der fünf von uns untersuchten Gesamtschulen sind dem ersten Typus zuzuordnen, der durch eine besondere Organisation der Schule bzw. des Unterrichts für Eltern eine attraktive Alternative zum dreigliedrigen Schulsystem darstellt. Diese Attraktivität ist den Schulen nicht in den Schoß gefallen, sondern Konsequenz einer bewussten pädagogischen Profilbildung. Eine der untersuchten Schulen beispielsweise wäre vor 15 Jahren sicherlich eher dem dritten Typus zuzuordnen gewesen, hat sich dann aber in Eigeninitiative ein Programm gegeben, das sie heute als *Gesamtschule besonderer Prägung* auszeichnet.

Die fünfte untersuchte Gesamtschule ist als Teil der schulischen Basisversorgung einer Kommune zu sehen. Auch bei dieser Schule ist jedoch, wie erwähnt, eine besondere pädagogische Prägung unübersehbar.

## **Ziele und Ablauf der Ergänzungsstudie an den fünf hessischen Gesamtschulen**

In Abstimmung mit den teilnehmenden Schulen wurden folgende Ziele der Untersuchung vereinbart:

- Feststellung des Leistungsstands in Mathematik und (optional) den Naturwissenschaften. Da die Originalinstrumente von TIMSS verwendet wurden, sollten die Leistungen in den einzelnen Schulen mit denen der national repräsentativen TIMSS-Stichprobe verglichen werden. Darüber hinaus äußerten die einzelnen Schulen Interesse an einer differenzierteren Auswertung der Leistungstestergebnisse

(Geschlechtsdifferenzen, Leistungen von Schülern mit nicht-deutscher Muttersprache, Effekte des sozialen Hintergrunds, spezifische Stärken und Schwächen je nach Aufgabeninhalt, -typus usw.).

- Feststellung des motivationalen und psychosozialen Status der Schülerinnen und Schüler. Im Bewusstsein, dass pädagogische Ziele von Schule sich nicht auf den Leistungsbereich beschränken, wurde vereinbart, zentrale Indikatoren für Lernmotivation und emotionales Wohlbefinden zu erheben.
- Feststellung von Indikatoren sozialen Lernens. Da im Rahmen einer Fragebogenstudie Verhaltensbeobachtungen kaum möglich sind, wurde vereinbart, Ergebnisse sozialen Lernens zu erheben. Dafür eignen sich zum Beispiel Skalen, die „Einstellungen gegenüber Minoritäten“ oder „selbst berichtete Normverletzungen“ erfragen.
- Beurteilung des Mathematikunterrichts, um Informationen zur Optimierung von Unterrichtsprozessen zu erhalten.

Von unserer Seite bestand das Interesse, die fünf Gesamtschulen detailliert kennen zu lernen und systematisch zu untersuchen, mit welchen Ergebnissen in Gesamtschulen zu rechnen ist, die besondere pädagogische Aufgaben im Sekundarbereich übernehmen. Die im Rahmen der Längsschnittstudie „Bildungsprozesse und psychosoziale Entwicklung im Jugendalter (BIJU)“ (vgl. z.B. BAUMERT u.a. 1996; KÖLLER 1998; SCHNABEL 1998) gewonnenen Leistungskennwerte haben in jüngster Zeit die Diskussion über die Leistungsfähigkeit von Gesamtschulen wieder aufleben lassen. Von unserer Seite wurde wiederholt argumentiert, dass die Schulform per se (dreigliedriges Schulsystem vs. Gesamtschule) *kein* bestimmender Faktor für die Leistungsentwicklung ist, sondern die jeweilige Ausformung einer Schule bzw. Schulart dafür verantwortlich ist, wie sich die Leistungen und psychosozialen Charakteristika ihrer Schüler entwickeln (BAUMERT & KÖLLER 1998; BAUMERT, LEHMANN u.a. 1997; KÖLLER, BAUMERT & SCHNABEL 1999). Die Untersuchung an den fünf hessischen Gesamtschulen konnte dabei als Bewährungsprobe für diese Annahmen genutzt werden.

Die vorliegende Studie wurde 1998 geplant; die Datenerhebung fand im Frühjahr 1999 gegen Ende des 8. Schuljahres statt. Die Auswertung wurde mit dem Überreichen ausführlicher Abschlussberichte für die Schulen im Mai 2000 vorerst beendet. Teile der Studie wurden mit Mitteln des hessischen Kultusministeriums finanziert. Hinsichtlich der Verwendung der Untersuchungsergebnisse wurde vereinbart, dass die Adressaten der Untersuchungsergebnisse primär die Schulen sein sollten und Veröffentlichungen der Ergebnisse der Zustimmung der Schulen bedürftig. Aktuell liegt es allein im Ermessen der Schulen, ob und wie sie die Daten nutzen. Die ausführlichen am Max-Planck-Institut entstandenen Berichte geben den Schulen Interpretationshilfen und weisen auf mögliche Optimierungsmöglichkeiten hin. In einer geplanten Buchpublikation werden von Seiten der untersuchten Schulen Ausführungen darüber zu lesen sein, welche Unterrichts- bzw. Schulentwicklungsmaßnahmen sich für sie aus den Befunden ergeben haben.

## Instrumente

Bei der Planung der Untersuchung war es für alle beteiligten Schulen zentral, die eigenen Ergebnisse in den Mathematiktests an den Befunden der national repräsentativen TIMSS-Stichprobe zu messen (zu Details der TIMSS-Mittelstufenuntersuchung vgl. BAUMERT, LEHMANN u.a. 1997).<sup>8</sup> Aus dem Pool der Aufgaben wurde eine Auswahl von vier Testheften eingesetzt, die die Struktur des Gesamttests gut wiedergibt. Die Tabelle 6 belegt dies für den Mathematiktest. Anhand einer Matrix wird gezeigt, wie viele Aufgaben im Vergleich zur TIMS-Studie aus den verschiedenen mathematischen Sachgebieten und kognitiven Anforderungsdimensionen eingesetzt wurden. Grenzen dieser Beschränkung auf vier Testhefte lagen

---

<sup>8</sup> Auf die Schilderung der Ergebnisse des naturwissenschaftlichen Aufgabenbereichs wird aus Platzgründen verzichtet.

darin, dass sich keine sinnvollen Leistungswerte auf den einzelnen Anforderungsdimensionen und Sachgebieten bilden ließen. Die Gesamtwerte ließen sich allerdings auf dem in TIMSS verwendeten Maßstab ( $M(\text{Mittelwert}) = 500$ ,  $SD(\text{Standardabweichung}) = 100$ ) in der international untersuchten Kohorte abbilden, sodass die fünf untersuchten Schulen direkt mit den TIMSS-Schulen verglichen werden können.

**Tabelle 6: Mathematische Testaufgaben nach Sachgebiet und kognitiver Anforderungsart**

Sachgebiet	Anforderungsart				Insgesamt
	Wissen	Beherrschung von Routineverfahren	Beherrschung von komplexen Verfahren	Anwendungsbezogene und mathematische Probleme	
Zahlen und Zahlenverständnis	6 (10)	5 (13)	9 (12)	7 (17)	27 (52)
Messen und Maßeinheiten	3 (6)	1 (2)	3 (5)	8 (8)	15 (21)
Algebra	5 (8)	5 (10)	0 (1)	8 (10)	18 (29)
Geometrie	3 (5)	2 (6)	4 (6)	3 (6)	12 (23)
Proportionalität	0 (0)	5 (5)	0 (0)	3 (7)	8 (12)
Darstellung und Analysen von Daten/Wahrscheinlichkeitsrechnung	1 (3)	2 (2)	5 (8)	4 (8)	12 (21)
Insgesamt	18 (32)	20 (38)	21 (32)	33 (56)	92 (158)

Die Werte vor den Klammern geben die Aufgabenzahlen der Untersuchung in den hessischen Gesamtschulen an, die Werte in den Klammern die entsprechenden Zahlen aus der TIMS-Studie.

Als Vergleichsstichproben wurden Bundesländer ausgewählt, die ähnliche Übergangsraten zu weiterführenden Schulen aufweisen, nämlich die Länder Berlin, Brandenburg, Bremen, Hamburg, Hessen, Nordrhein-Westfalen, Saarland und Thüringen. Berücksichtigt wurde auch, dass in allen fünf untersuchten Schulen der reguläre Fachunterricht zeitweise zu Gunsten von Projekten aufgelöst wird. Zudem wurde von den Mathematiklehrern der fünf untersuchten Schulen eine Einschätzung der Testaufgaben erbeten. Dabei sollten die betroffenen Fachlehrer für jede Testaufgabe angeben, in welcher Klassenstufe die jeweiligen Kenntnisse geübt wurden und ob die Lösung der Aufgabe ihren didaktischen Zielsetzungen entspricht. Zusätzlich sollten sie schätzen, welcher Prozentsatz der Schüler die einzelnen Aufgaben voraussichtlich lösen würde.

Eine wesentliche Kritik an Schuldiagnostik mithilfe von Leistungstests liegt darin, dass die Leistung der Schülerschaft nicht nur von der Qualität des Unterrichts in den jeweiligen Schulen abhängt, sondern auch von den Voraussetzungen, die Schüler aus dem Elternhaus (und in unserer Studie auch aus der Grundschule) mitbringen. Um diese außerschulischen Einflüsse abschätzen zu können, wurde eine Anzahl von Fragen zum sozioökonomischen Hintergrund und zum so genannten „kulturellen Kapital“ (Bildungshintergrund) der teilnehmenden Schüler eingesetzt. Außerdem wurden die Grundschulempfehlungen, soweit vorhanden, erhoben und erfragt, welche Sprache (deutsch vs. eine andere) in den Familien

zu Hause normalerweise gesprochen wird. Alle diese Variablen haben sich als gute Prädiktoren für die Schulleistung von Kindern herausgestellt (z.B. LEHMANN & PEEK 1997). Zur Kontrolle weiterer familiärer Belastungsfaktoren wurde nach Arbeitslosigkeit der Eltern sowie nach allein erziehenden Eltern gefragt.

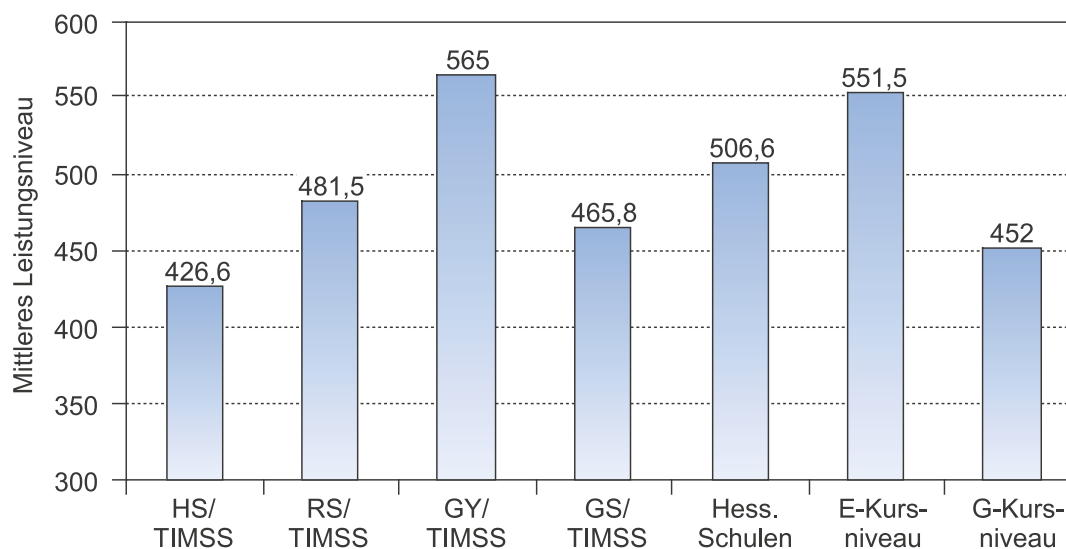
Der Erfolg von schulischer Sozialisation drückt sich nicht nur in Leistungskennwerten aus. Deshalb wurde mit den beteiligten Schulen ferner vereinbart, über den Leistungsbereich hinaus Instrumente zu psychosozialen Variablen einzusetzen (Selbstkonzeptvariablen, schulische Normverletzungen, soziale Einstellungen; siehe oben), die idealerweise ebenfalls den Vergleich mit der TIMSS-Stichprobe zulassen. Außerdem waren die Lehrer daran interessiert, wie ihre Schüler den Mathematikunterricht beurteilen. Neben den Ergebnissen der TIMSS-Erhebung liegen zu vielen dieser Variablen auch Vergleichsdaten aus der Längsschnittstudie „Bildungsprozesse und psychosoziale Entwicklung im Jugendalter (BIJU)“ (vgl. z.B. BAUMERT u.a. 1996; KÖLLER 1998; SCHNABEL 1998) vor. Die BIJU-Untersuchung ist insofern besonders interessant, als im Bundesland Nordrhein-Westfalen (NRW) Daten einer relativ großen Stichprobe von Gesamtschülern Anfang, Mitte und Ende der 7. Jahrgangsstufe befragt wurden. Beide Bundesländer, das heißt Hessen und NRW, sind bezüglich ihrer Schulstrukturen mit einem erheblichen Anteil integrierter Gesamtschulen im Sekundarbereich I ähnlich, sodass sich direkte Vergleiche der fünf hessischen Gesamtschulen mit den Daten aus NRW anbieten. Grenzen dieses Vergleichs liegen sicherlich darin, dass an hessischen Gesamtschulen im Gegensatz zu NRW keine gymnasialen Oberstufen eingerichtet sind. Trotz dieser Einschränkung wurden als Vergleichsstichprobe für die vorliegende Untersuchung die Daten von etwa 2.000 Schülern aus Hauptschulen, Realschulen, Gymnasien und Gesamtschulen des Landes NRW herangezogen. Die einbezogenen BIJU-Ergebnisse beziehen sich auf die Erhebung am Ende der 7. Jahrgangsstufe, was ihre Vergleichbarkeit natürlich weiter einschränkt.

## Die Ergebnisse im Überblick

Hinsichtlich der Ergebnisse der TIMSS-Mathematiktests können, insgesamt gesehen, zwei wichtige Feststellungen getroffen werden. Erstens ist der Leistungsstand an allen fünf teilnehmenden Schulen erfreulich: Die Mittelwerte aller Schulen liegen in einem Bereich, der aufgrund der Voraussetzungen der Schüler (Muttersprache, sozioökonomischer Hintergrund, Grundschulempfehlungen, kulturelles Kapital in der Familie) angemessen erscheint. Die Abbildung 19 belegt dies. Im Mittel erreichen die fünf Schulen einen Leistungsstand, der gutem Realschulniveau entspricht und deutlich über den Leistungen der in TIMSS untersuchten Gesamtschulen liegt. Beim Aufbrechen nach Kursniveau zeigt sich, dass die Leistungen im Erweiterungskurs (E-Kurs) auf Gymnasialniveau liegen, in den Grundkursen zwischen Haupt- und Realschulniveau.

Diese Befundlage ist insofern bemerkenswert, als dadurch deutlich wird, dass zusätzliche pädagogische Angebote, die teilweise Unterrichtszeit in den Kernfächern abziehen, den Erfolg des Mathematik-

**Abbildung 19: Mathematikleistungen der fünf hessischen Gesamtschulen im Vergleich zu den in TIMSS untersuchten 8. Jahrgängen an verschiedenen Schulformen**



Vergleichsstichproben aus TIMSS; HS: Hauptschule; RS: Realschule; GY: Gymnasium; GS: Gesamtschule; G: Grundkurs; E: Erweiterungskurs.

unterrichts nicht beeinträchtigen müssen und zudem Hinweise darauf gewonnen werden, dass unterschiedliche Arten der Unterrichtsorganisation zu ähnlich guten Ergebnissen führen können. Zweitens wurde geprüft, ob sich möglicherweise an den Gesamtschulen eine spezielle Form von Mathematikunterricht herausgebildet haben könnte, die andere Schwerpunkte setzt als an anderen Schularten. Zusätzliche Analysen zeigten, dass dies nicht der Fall ist. Es ließen sich keine sinnvoll abgrenzbaren Teilmengen von Testaufgaben finden, die den Gesamtschülern im Vergleich mit Schülern anderer Schularten besonders schwer oder leicht fielen. Den untersuchten Gesamtschulen gelingt es offenbar in gleicher Weise wie anderen Schulen, die Vorgaben der Lehrpläne umzusetzen und entsprechende Lernerfolge auf Seiten der Schüler zu erzielen.

Was die weiterhin eingesetzten Untersuchungsinstrumente angeht, so ist bemerkenswert, dass die von uns untersuchten Schulen verschiedene akademische und soziale Ziele offensichtlich vereinbaren können. Dies spricht gegen die manchmal vorgetragene Anregung, Schulen sollten weniger auf die Leistungsentwicklung und mehr auf die Entwicklung der Persönlichkeit achten. Offensichtlich kann beides gleichzeitig optimiert werden (vgl. auch GRUEHN 1995; HELMKE & SCHRADER 1990). Beispielsweise zeigen einige der von uns untersuchten Schulen, dass hohe akademische Aspirationen mit wünschenswerten Selbstkonzepten sowie mit einer Verringerung schulischer Normverletzungen (wie Sachzerstörung oder Prügeleien) einhergehen können.

Es wird derzeit mit den beteiligten Schulen überlegt, wie in einer gemeinsamen Buchpublikation die Ergebnisse in gebührender Ausführlichkeit dargestellt werden können. Aus Platzgründen wird auf den folgenden Seiten nur auf zwei der fünf Schulen in Form kurzer, anonymisierter Fallbeispiele eingegangen. Dabei werden einige wenige interessante Aspekte herausgegriffen, um das Vorgehen bei der Studie zu verdeutlichen.



## Schule A

Die Schule A hat zu Beginn der 1980er Jahre ihr pädagogisches Profil deutlich geändert und reformpädagogische Ansätze (FREINET, MONTESSORI, Petersen) als Leitprinzipien „wiederentdeckt“. Die damalige Sorge, neben dem gegliederten Schulsystem als Restschule zu verkommen, führte zu einer Umstrukturierung der Schule. Mit Individualisierung, freiem Lernen und der Kombination von „Leistung und Leben“ etablierte sich die Schule als echte Alternative zur Dreigliedrigkeit, die Eltern und Schüler ganz unterschiedlicher Herkunft ansprach. Die Schülerschaft, die überwiegend (80 % bis 90 %) aus der nahe gelegenen Grundschule auf die untersuchte Gesamtschule wechselt, wird in den Jahrgangsstufen 5 bis 10 unterrichtet. Entsprechend dem hohen Ausländer- und Aussiedleranteil im Einzugsgebiet gehörten der 8. Jahrgangsstufe des Schuljahrs 1998/99 zu 16,7 Prozent Schüler mit ausländischer Herkunft und zu 22,7 Prozent Kinder aus Aussiedlerfamilien an (aus Polen und der ehemaligen Sowjetunion). Infolge dieser Zusammensetzung findet man auf Seiten der Schüler eine große Heterogenität bezüglich der sozialen Herkunft und des Bildungshintergrunds. Um insbesondere die Integration der Aussiedlerkinder erfolgreich zu bewältigen, wurde an der Schule ein besonderes Konzept entwickelt, das

- (1) sehr stark auf eine schnelle und intensive Vermittlung der deutschen Sprache abzielt, ohne dass allerdings die Kinder auf ihre Heimatsprache verzichten müssen (Deutsch als Zweitsprache);
- (2) die soziale Integration durch verschiedene Maßnahmen beschleunigen soll, ohne dass die Kinder allerdings vollständig ihre kulturelle Identität aufgeben sollen;
- (3) versucht, die Eltern der Aussiedlerkinder in den Prozess der Integration einzubinden.

Bei Schule A handelt es sich um eine Ganztagschule, in der bis 14.35 Uhr Unterricht stattfindet (unterbrochen von längeren Pausen), gefolgt von Zusatzangeboten bis 16.30 Uhr, die nicht verpflichtend sind. Die Zusatzangebote sind breit gefächert (Keramik, Sport, Tanzen, Theater, Werken, Malerei und vieles mehr) und werden nicht nur von Lehrkräften, sondern auch von Kursleitern der Volkshochschule, Musikern, Studenten und Vereinsangehörigen angeboten. Durch dieses Hereinholen von Nicht-Lehrkräften erfahren die Schüler, dass Schule keineswegs ein Unternehmen ist, in dem nur Lehrer und Schüler Platz finden.

Der Schulalltag beginnt offen, das heißt, die Schüler können ab 7.30 Uhr die Schule besuchen, obwohl der eigentliche Unterricht erst um 8.45 Uhr beginnt. Dadurch wird zum einen berufstätigen Eltern das Betreuungsproblem genommen, zum anderen können die Kinder diese Zeit frei für sich nutzen, aber auch Angebote wie Proben des Schulchors, Aquaristik, Hausaufgabenbetreuung wahrnehmen. LRS-Kinder und solche mit Förderbedarf in Deutsch erhalten in dieser Zeit Fördermaßnahmen. Wie der Schulalltag offen beginnt, so endet er auch nach dem Regelunterricht mit den Zusatzangeboten am Nachmittag (siehe oben). Wichtig zu erwähnen ist weiterhin, dass an der Schule zu Gunsten von Projektwochen und anderen Aktivitäten zeitweise der übliche Wochenstundenplan vollständig aufgegeben wird.

Der Unterricht ist bei verschiedenen Themen fächerübergreifend organisiert. Arbeitstechniken und Unterrichtsmethoden greifen durch das offene Konzept der Schule A auf andere Fächer über. Neben dem üblichen Fächerkanon, der teilweise beim fächerübergreifenden Unterricht verschmilzt, existiert noch das Fach Freies Lernen (FL), das Schülern die Möglichkeit gibt, eigene Vorhaben im Schulalltag zu erledigen. Schüler übernehmen hierdurch mit zunehmendem Alter mehr Eigenverantwortung im Lernprozess. Natürlich werden sie dabei nicht frühzeitig allein gelassen, sondern in den ersten Jahrgängen systematisch angeleitet.

Differenziert wird ab der 7. Jahrgangsstufe, und zwar zunächst in Englisch und Mathematik, ab der 8. Jahrgangsstufe in Deutsch und ab der 9. Jahrgangsstufe in den Naturwissenschaften und Französisch.

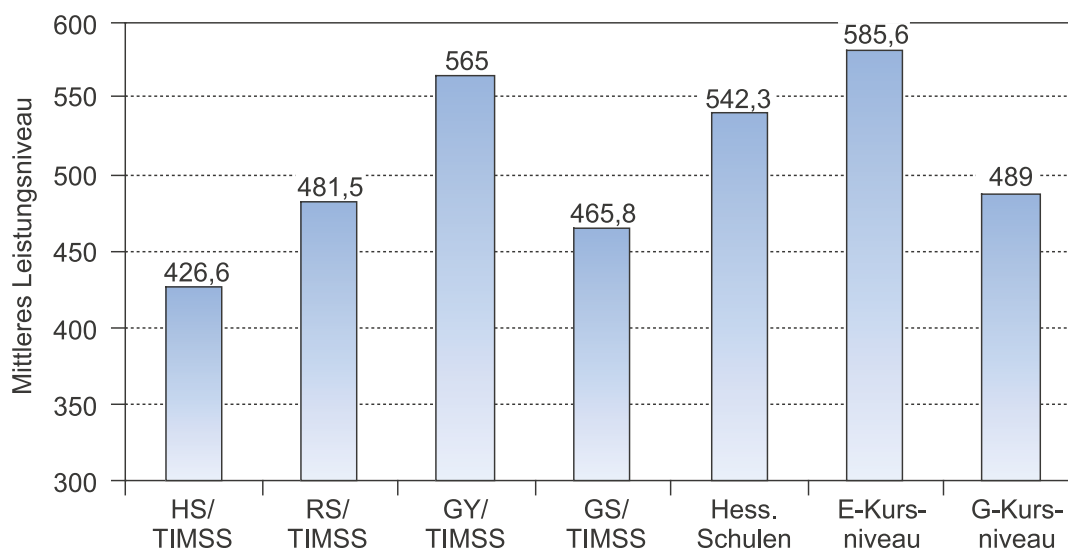
Zwei Niveaustufen, E- und G-Kursniveau, werden unterschieden. Um die Kosten einer teilweisen Auflösung des Klassenverbands zu minimieren, werden aus jeweils zwei Klassen eines Jahrgangs (Partnerklassen) die beiden Kurse gebildet. Jede Jahrgangsgruppe hat für zwei Jahre ihren eigenen Bereich, den sie verantwortlich gestaltet und pflegt. Durch diese stabile soziale und räumliche Basis soll die Integration von Schülern sehr unterschiedlicher sozialer Herkunft in der bewusst heterogen zusammengesetzten Klasse ermöglicht werden.

Im Folgenden wollen wir zu drei ausgewählten Aspekten die Ergebnisse berichten. Zunächst wird auf die Mathematikleistungen eingegangen, danach auf die besondere Problematik der Förderung nicht-deutschsprachiger Schülerinnen und Schüler und abschließend auf die Konsequenzen der Leistungsgruppierung für psychosoziale Schulervariablen.

### Mathematikleistungen im Vergleich zu TIMSS

Die Mathematikleistungen sind in der Abbildung 20 im Vergleich zu TIMSS dargestellt. Insgesamt schneiden die untersuchten Schülerinnen und Schüler auf einem Niveau ab, das zwischen dem mittleren Realschul- und Gymnasialniveau in TIMSS liegt. Ein Aufbrechen nach Kursniveau zeigt, dass im Grundkurs Realschulniveau, im Erweiterungskurs leicht überdurchschnittliches Gymnasialniveau erreicht wird. Bemerkenswert sind die Differenzen zwischen G- und E-Kursschülern. Sie korrespondieren mit einem Wissenszuwachs, wie er üblicherweise in zwei Schuljahren erreicht wird<sup>9</sup>. Dies validiert zum einen die in der untersuchten Schule vorgenommene Einteilung der Schülerinnen und Schüler, macht aber auch deutlich, dass sich auch selbst innerhalb einer Schule mit besonderem pädagogischen Profil Leistungsdisparitäten nicht vermeiden lassen.

**Abbildung 20: Mathematikleistungen der Schule A im Vergleich zu den in TIMSS untersuchten 8. Jahrgängen an verschiedenen Schulformen**



Vergleichsstichproben aus TIMSS; HS: Hauptschule; RS: Realschule; GY: Gymnasium; GS: Gesamtschule; G: Grundkurs; E: Erweiterungskurs.

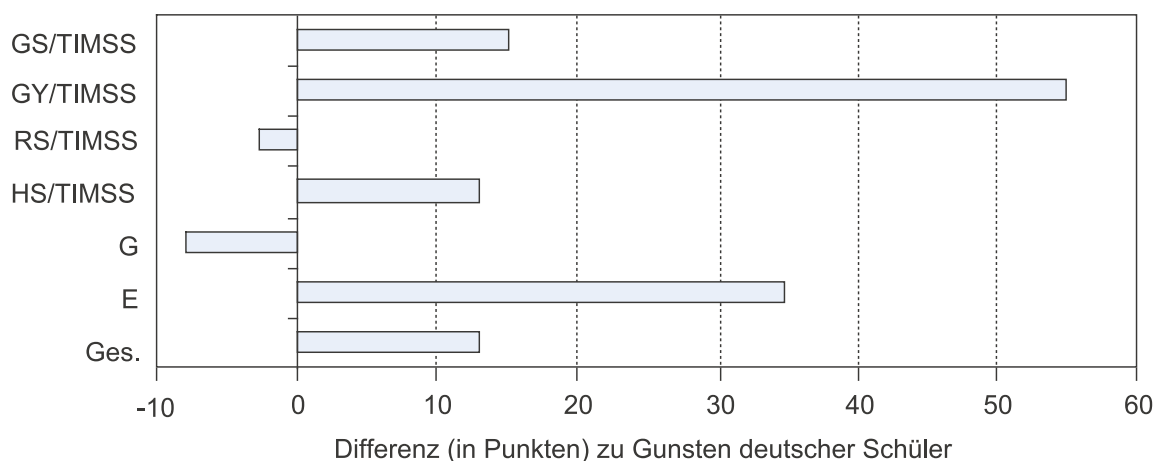
<sup>9</sup> Man kann *cum grano salis* davon ausgehen, dass ein zusätzliches Schuljahr bei Schülerinnen und Schülern der Mittelstufe dazu führt, dass diese einen mittleren Wissenszuwachs von etwa 40 Punkten auf der TIMSS-Skala erreichen.

## Schulleistungen von Schülerinnen und Schülern aus Migrantenfamilien

Zu den integrativen Herausforderungen gehört die Einbindung von Schülerinnen und Schülern mit sehr unterschiedlichem sozioökonomischem und soziokulturellem Hintergrund. Ein besonderes Augenmerk gilt dabei Schülerinnen und Schülern aus Migrantenfamilien. Zu dieser Gruppe zählen wir im Folgenden Kinder aus Familien, in denen im Alltag nicht Deutsch gesprochen wird. Dort, wo die Gesamtschule fester Bestandteil der Sekundarstufe I ist, hält sie für viele Migrantenkinder Wege zu einem höheren Bildungsabschluss offen, dort, wo die Gesamtschule fehlt, entfallen überproportional viele Migrantenkinder auf die Hauptschule.

Eine Reihe von Forschungsarbeiten hat wiederholt den Nachweis von insgesamt niedrigeren Leistungen in standardisierten Tests und einer niedrigeren Bildungsbeteiligung von Kindern aus Migrantenfamilien erbracht (vgl. ARBEITSGRUPPE BILDUNGSBERICHT 1994; LEHMANN & PEEK 1997; SCHWIPPERT 1999). Dabei wurde eine Vielzahl denkbarer Ursachen für dieses unterdurchschnittliche Abschneiden im deutschen Schulsystem diskutiert (vgl. z.B. BENDER-SZYMANSKI & HESSE 1987; LEHMANN & PEEK 1997). An vorderer Stelle stehen unter anderem Hinweise auf die ökonomische Situation der Familien, auf mangelnde elterliche Unterstützung, auf die kulturelle Distanz zwischen Elternhaus und Schule sowie auf Begabungsunterschiede und Sprachprobleme der Kinder im monolingualen Bildungssystem Deutschlands. Damit zusammenhängend wird die Frage erörtert, inwieweit es im deutschen Bildungssystem zu Benachteiligungen – oder auch Bevorzugungen – von Migrantenkindern kommt (LEHMANN & PEEK 1996, NAUCK & DIEFENBACH 1997), und wie das Ziel, eine der Begabung des jeweiligen Kindes angemessene Ausbildung zu gewährleisten, erreicht werden kann.

**Abbildung 21: Relative Leistungen in Mathematik (Mittelwerte) von Schülerinnen und Schülern mit nicht-deutscher Muttersprache der Schule A**



Vergleichsstichproben aus TIMSS; HS: Hauptschule; RS: Realschule; GY: Gymnasium; GS: Gesamtschule; G: Grundkurs; E: Erweiterungskurs; Ges.: Gesamte Schülerschaft der Schule A.

Etwa ein Viertel (23 %) der Schüler aus Schule A gibt an, dass bei ihnen zu Hause normalerweise nicht Deutsch gesprochen wird. Diese mögliche sprachliche Benachteiligung spiegelt sich interessanterweise nicht in der Kurszugehörigkeit wider, das heißt, von den Jugendlichen mit nicht-deutscher Muttersprache finden sich 59,3 Prozent im E-Kurs; dieser Prozentsatz liegt sogar leicht über dem der Schüler, in deren Elternhaus üblicherweise Deutsch gesprochen wird (55,3 %). Die Abbildung 21 zeigt die Leistungsunterschiede zwischen den zwei Gruppen. Positive Differenzen signalisieren Leistungsvorteile der deutschen Schüler. Bei zunächst isolierter Betrachtung der TIMSS-Ergebnisse ist zum einen erkennbar, dass am Gymnasium die Leistungsunterschiede zwischen Schülern mit deutscher und nicht-deutscher Muttersprache im Vergleich zu den anderen Schulformen stärker sind.

An der untersuchten Schule ergeben sich insgesamt kleine Unterschiede zu Gunsten der Schüler mit deutscher Muttersprache. Ein Aufbrechen nach Kursniveaus macht deutlich, dass die Unterschiede allein auf das E-Kursniveau zurückzuführen sind, auf dem sich bemerkenswerte Differenzen zu Gunsten von Schülern mit deutscher Muttersprache zeigen, die mit einem Wissenszuwachs von einem Schuljahr korrespondieren.

Es stellt sich hier die Frage, wie diese Leistungsunterschiede erklärt werden können. Der relative Anteil von Migrantenkindern im E-Kurs (59,3 %) ist deutlich höher, als man dies üblicherweise findet, und dies trotz ungünstigerer sozialer Herkunft der Migrantenkinder. Wir überprüften daher, inwieweit die Unterschiede im familiären Hintergrund die innerhalb der Schule A gefundenen Leistungsdiskrepanzen erklären können. Erwartungskonform verschwand der Unterschied zwischen Schülern mit deutscher und Schülern mit nicht-deutscher Muttersprache, wenn man den familiären Hintergrund konstant hält. Bezogen auf den Mathematiktest sinkt durch die Einbeziehung von Hintergrundvariablen der Unterschied zwischen Schülern mit deutscher bzw. nicht-deutscher Muttersprache von über 30 Punkten nahezu auf 0 Punkte. Diese Ergebnisse belegen zum einen die besondere Rolle des Elternhauses für das Leistungsniveau der Schüler. Zum anderen legen die Befunde die Interpretation nahe, dass im Rahmen der besonderen Fördermaßnahmen für Migrantenkinder an der Schule A diese trotz etwas schwächerer Leistungen den E-Kursen in Mathematik zugeordnet werden.

Zusammenfassend lassen sich die Befunde wie folgt interpretieren: Es besteht im oberen Leistungsbereich eine deutliche Diskrepanz in den Leistungen zwischen Schülern mit deutscher und nicht-deutscher Muttersprache. Berücksichtigt man den unterschiedlichen familiären Hintergrund, werden dadurch die Leistungsunterschiede weitgehend erklärt. Hinter dem relativ hohen Anteil von Migrantenschülern im E-Kurs steht vermutlich die Absicht, benachteiligten Kindern Wege zu besser qualifizierten Schulabschlüssen offen zu halten. Aus pädagogischer Perspektive kann dies durchaus wünschenswert sein (vgl. KÖLLER, BAUMERT & SCHNABEL 1999).

### ***Selbstkonzept der Begabung in Mathematik***

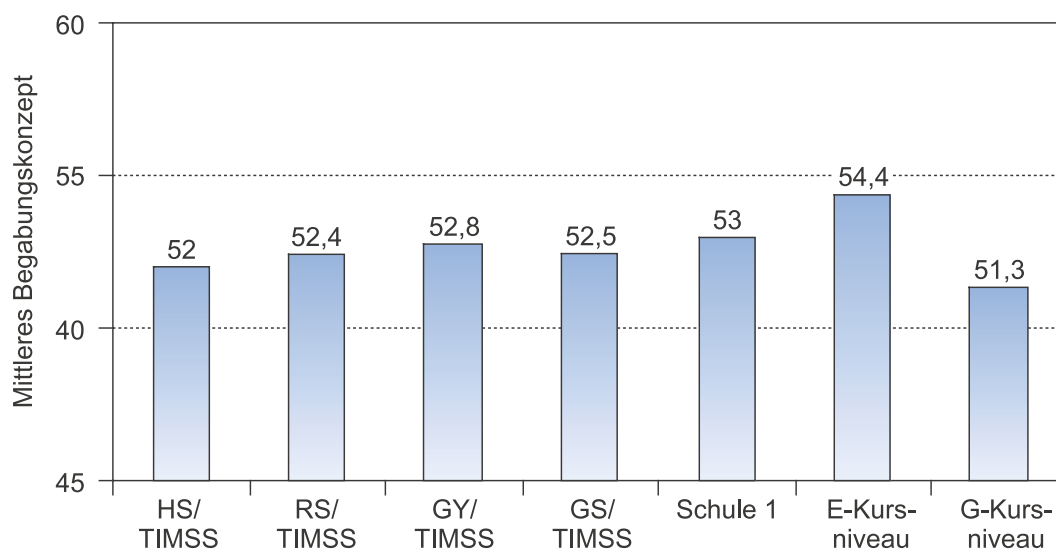
Schulischer Alltag heißt für Schüler auch, dass sie in sämtlichen Fächern regelmäßig Rückmeldungen über ihre eigenen Leistungen erhalten, sei es in Form von Noten nach Klassenarbeiten und in Zeugnissen, oder sei es durch individuelle Rückmeldungen im täglichen Unterrichtsgeschehen. Aufgrund dieser Rückmeldungen und dem sozialen Vergleich bilden Kinder und Jugendliche in jedem Fach so genannte Selbstkonzepte eigener Begabungen aus, die Einschätzungen darstellen, für wie begabt sich ein Schüler in dem jeweiligen Fach hält. Zentral für die Ausbildung der Selbstkonzepte ist der Referenzrahmen, in dem Leistungsrückmeldungen bewertet werden. Diesen Referenzrahmen bildet üblicherweise die Klasse, das heißt, die Höhe des individuellen Selbstkonzepts der Begabung in Mathematik richtet sich daran aus, wie gut man selbst im Vergleich zu den Klassenkameraden abschneidet. Dieser Referenzrahmeneffekt führt in der Regel dazu, dass Schüler der Hauptschule ein ähnlich hohes Selbstkonzept der Begabung ausbilden wie Gymnasiasten, obwohl zwischen beiden Schulformen große Leistungsunterschiede bestehen (siehe Abbildung 22).

Fachspezifische Selbstkonzepte der Begabung können ihrerseits Leistungsresultate beeinflussen. Eine Vielzahl von Studien (siehe z.B. HELMKE 1992; KÖLLER u.a. 1999) hat mittlerweile belegt, dass Schüler mit höheren Selbstkonzepten auch größere Lernerfolge erzielen, indem sie sich mehr anstrengen, ein höheres Interesse haben und aufmerksamer und ausdauernder Aufgaben bearbeiten. In der Untersuchung an den fünf hessischen Gesamtschulen wurden fünf Items zur Erfassung des Selbstkonzepts in Mathematik eingesetzt, Itemformulierungen waren zum Beispiel:

- Obwohl ich mir bestimmt Mühe gebe, fällt mir Mathematik schwerer als vielen meiner Mitschülern.
- Kein Mensch kann alles. – Für Mathematik habe ich einfach keine Begabung.
- Bei manchen Sachen in Mathematik, die ich nicht verstanden habe, weiß ich von vornherein: „Das verstehe ich nie.“

Die Abbildung 22 zeigt die entsprechenden Mittelwerte getrennt nach Gruppen, die Vergleichsstichprobe stammt aus TIMSS. Die Werte sind so transformiert, dass ein Wert von 50 ein mittelhohes Selbstkonzept der Begabung anzeigt. Die Standardabweichung ist 10. Deutlich erkennbar sind in den vier Schulformen der TIMS-Studie die Referenzgruppeneffekte. Die jeweiligen Klassenkameraden stellen die Bezugsgruppe dar, an der sich die Selbsteinschätzung ausrichtet, was dazu führt, dass keine Schulformunterschiede beobachtbar sind.

**Abbildung 22: Selbstkonzept der Begabung in Mathematik nach Gruppe; Vergleichsstichproben aus TIMSS**



Vergleichsstichproben aus TIMSS; HS: Hauptschule; RS: Realschule; GY: Gymnasium; GS: Gesamtschule; G: Grundkurs; E: Erweiterungskurs.

Im Vergleich zu TIMSS ist der Gesamtwert der Schule A unauffällig. Überraschend sind die relativ geringen Unterschiede zwischen E- und G-Kurs-Schülern an der Schule A. Die Forschungsarbeiten zu den Effekten von Leistungsdifferenzierungen innerhalb von Schulen zeigen eher, dass die Differenzierung gerade im unteren Bereich Kosten im Begabungsselbstkonzept hat (im Überblick WAGNER 1999). Offenbar gelingt es der untersuchten Schule, leistungsschwächeren Schülern Kompetenzerlebnisse zu geben, die solche unerwünschten Effekte verhindern.

Zusammenfassend lässt sich konstatieren, dass es der untersuchten Schule neben der erfolgreichen Vermittlung mathematischen Fachwissens offenbar gelingt, möglichen Problempunkten, die sich aufgrund der unterschiedlichen Herkunft und Leistung ihrer Schülerschaft ergeben können, erfolgreich zu entgegnen.

## Schule B

Die Schule B wurde 1988 eingerichtet und ist Versuchsschule des Landes Hessen. Sie ist eine Ganztagschule mit flexiblen Unterrichtszeiten von 7.45 bis 16.00 Uhr. Die Jahrgangsstärke beträgt etwa 30 bis 40 Schüler. Der Anteil ausländischer Mitschüler ist relativ gering.

An der Schule B wird in jahrgangsgemischten Kursen unterrichtet, wobei es insgesamt vier Stufen gibt, bei denen die ersten drei jeweils drei Jahrgänge umfassen (Jahrgänge 0–2, Jahrgänge 3–5, Jahrgänge 6–8) und die letzte Stufe zwei Jahrgänge (Jahrgänge 9–10). Eine eigene Sekundarstufe II wird nicht angeboten. In allen Fächern außer Mathematik, Englisch und Französisch werden die Schüler der von uns untersuchten Jahrgangsstufe 8 zusammen mit Schülern aus der 6. und 7. Jahrgangsstufe unterrichtet. Auf eine institutionelle Bildung von Gruppen, die nach Leistung differenziert sind, wird verzichtet.

Somit führt die in der Schule B praktizierte Jahrgangsmischung dazu, dass in vielen Fächern vergleichsweise leistungsheterogene Gruppen zusammen unterrichtet werden. Diese Zusammensetzung soll – so das Ziel der Schule B – unter anderem die soziale Kompetenz der Schüler fördern. So kann beispielsweise der Rollenwechsel, der jeweils am Anfang des Jahres durch die sich verändernde Kurszusammensetzung stattfindet, positiv zur Identitätsentwicklung beitragen und möglicherweise auch bei leistungsschwächeren Schülern zu einem Kompetenzerleben führen. Die Altersheterogenität und die damit zusammenhängenden Unterschiede im Leistungsvermögen können auch aktiv in den Unterricht eingebracht werden, indem die Schüler einander helfen. Somit kann eine selbstverständliche Kultur des Helfens und der Achtung voreinander etabliert werden, wobei der jahrgangsübergreifende Unterricht verhindert, dass allzu feste Rollen und Rollenerwartungen entstehen.

Der Mathematikunterricht wird im Jahrgang durchgeführt. Dabei lernen alle Schüler der 8. Jahrgangsstufe im Rahmen desselben Stoffangebots bei innerer Differenzierung hinsichtlich des individuellen Leistungsstands. Es werden keine Klassenarbeiten geschrieben. Stattdessen erwerben die Schüler in jedem Stoffgebiet so genannte Grund- und Erweiterungsdiplome, deren Schwerpunkt auf der Feststellung des Könnens, nicht des Nichtkönnens, liegt. Der pädagogische Ansatz der Schule baut sehr stark auf Konzepten der Reformpädagogik auf. Konsequenterweise wird deshalb auch auf die Erteilung von Noten und Ziffernzeugnissen in den ersten drei Stufen (also bis zum 8. Jahrgang) verzichtet.

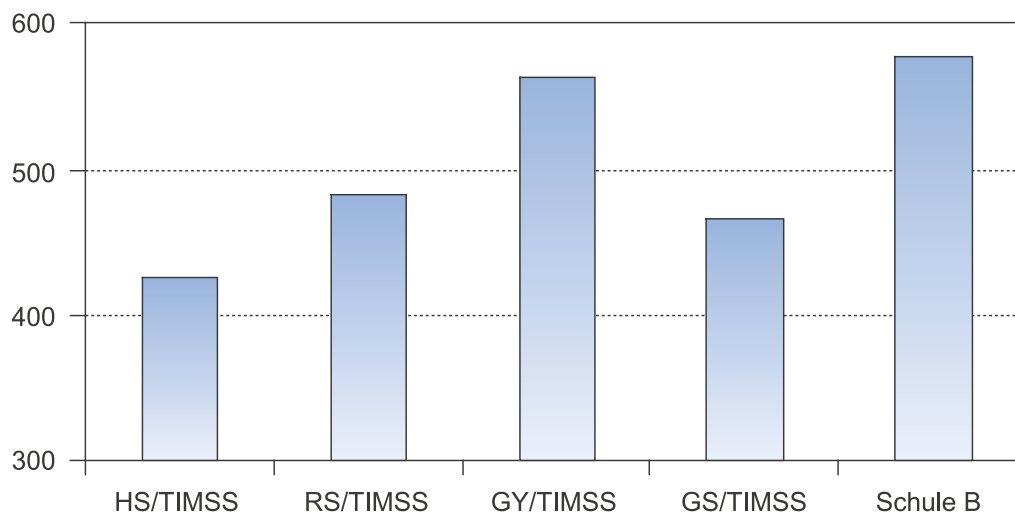
Die soziale Zusammensetzung der Schule B verdient eine besondere Erwähnung. Zwar wurde diese Schule als Gesamtschule konzipiert, sie zieht jedoch aufgrund ihres pädagogischen Profils insbesondere Kinder aus Familien mit großer Bildungsnähe und einem hohen sozioökonomischen Status an. Angesichts dieser Voraussetzungen sollte man erwarten dürfen, dass die Schüler der Schule B Leistungen auf gymnasialem Niveau zeigen.

Im Folgenden berichten wir in aller Knappheit die Ergebnisse in dem TIMSS-Mathematiktest, bevor wir ausführlicher darauf eingehen, wie der Mathematikunterricht an der Schule B von den Schülern beurteilt wird.

### **Die Ergebnisse in den TIMSS-Leistungstests**

Die Abbildung 23 zeigt graphisch die Ergebnisse des TIMSS-Mathematiktests in der 8. Jahrgangsstufe der Schule B. Insgesamt liegt der Mittelwert der untersuchten Schüler aus der Schule B knapp über dem von Gymnasien in der TIMSS-Untersuchung. Dies weist also darauf hin, dass die pädagogische Schwerpunktsetzung an der Schule B nicht zu Lasten der Leistungsentwicklung in Mathematik geht.

**Abbildung 23: Mathematikleistungen der Schule B im Vergleich zu den in TIMSS untersuchten 8. Jahrgängen an verschiedenen Schulformen**



Vergleichsstichproben aus TIMSS; HS: Hauptschule; RS: Realschule; GY: Gymnasium; GS: Gesamtschule

### **Wie beurteilen Schüler den Unterricht?**

Inwieweit ist das gute Ergebnis der Schule B im TIMSS-Mathematiktest auf einen besonderen Mathematikunterricht zurückzuführen? Lassen sich womöglich besondere Stärken oder Schwächen identifizieren?

Die Suche nach einem „guten“ Unterricht gehörte und gehört zu den wichtigsten und spannendsten Themen in der Lehr-Lern-Forschung. Mit zunehmendem Erkenntnisgewinn hat sich dabei gleichzeitig die Hoffnung zerstoßen, dass einfache Ursache-Wirkungs-Modelle mit Anspruch auf Allgemeingültigkeit die Komplexität des Unterrichtsgeschehens adäquat erklären können. Vielmehr wurde betont, dass (1.) Lehrer sowohl guten als auch schlechten Unterricht auf sehr verschiedene Weise halten können und dass (2.) gleich erscheinende Verhaltensweisen des Lehrers unter verschiedenen Bedingungskonstellationen und für verschiedene Schülertypen unterschiedliche Wirkungen haben können (HELMKE & WEINERT 1997). Zudem zeigte sich eine wechselseitige Kompensierbarkeit von Unterrichtsaspekten: Schwächen in einigen Bereichen können durch Stärken in anderen Bereichen ausgeglichen werden.

In der vorliegenden Untersuchung wurde auf einige Variablen zurückgegriffen, die sich immer wieder als bedeutsam für Unterrichtserfolg erwiesen haben. Wichtig im Hinblick auf die spätere Interpretation der Befunde an den fünf hessischen Gesamtschulen ist, dass hier lediglich die Wahrnehmungen der Schülerinnen und Schüler erhoben werden konnten. Allerdings haben sich Schülerangaben in früheren Studien als nützliche und durchaus valide Beschreibungen des Unterrichtsgeschehens erwiesen (GRUEHN 2000). Durch Aggregation der Urteile auf Klassenebene bereinigt man die Schülerangaben um eventuelle Idiosynkrasien und es entsteht ein aussagefähiges Bild der von allen Schülern geteilten Umwelt.

Für den vorliegenden Bericht wurden diejenigen Unterrichtsmerkmale ausgewählt, bei denen sich besonders große Unterschiede zwischen den Vergleichsstichproben und der Schule B gezeigt haben. Dabei handelt es sich um die Klarheit und Strukturiertheit des Unterrichts, die vorhandene Regelklarheit, das Ausmaß an Unterrichtsstörungen und um die so genannte Individuelle Bezugsnormorientierung der Lehrkräfte. Itembeispiele sind:

#### **Klarheit und Strukturiertheit des Unterrichts**

„Unser Mathematiklehrer erklärt besonders an schwierigen Stellen ganz langsam und sorgfältig.“

#### **Regelklarheit hinsichtlich unerwünschten Verhaltens**

„Im Mathematikunterricht hat unser Lehrer klargemacht, was passiert, wenn man Regeln verletzt.“

#### **Unterrichtsstörungen**

„Im Mathematikunterricht wird der Unterricht oft sehr gestört.“

#### **Individuelle Bezugsnormorientierung der Lehrkraft**

„Wenn sich ein schwacher Schüler verbessert, ist das für unseren Lehrer eine gute Leistung, auch wenn der Schüler immer noch unter dem Klassendurchschnitt liegt.“

Während die ersten drei Aspekte keiner Erklärung bedürfen, sind einige Worte zur individuellen Bezugsnormorientierung angebracht. Aus motivationspsychologischer Perspektive ist wiederholt argumentiert worden, dass es im Hinblick auf die Optimierung der Lernmotivation oder des Selbstkonzepts der eigenen Begabung wünschenswert ist, dass Schüler ihre aktuellen mit ihren früheren Kenntnissen vergleichen (RHEINBERG 1998; RHEINBERG & KRUG 1999), da bei dieser Vergleichsform sofort Wissensfortschritte deutlich werden. Dieser Vergleich mit früheren Leistungen wird in der Lehr-Lern-Forschung üblicherweise „individuelle Bezugsnorm“ genannt (z.B. RHEINBERG 1998) und der „sozialen Bezugsnorm“ (als Vergleich mit Mitschülern) und der „kriterialen Bezugsnorm“ (als einer inhaltlich begründeten Mindestleistung für eine bestimmte Note) gegenübergestellt (vgl. hierzu auch KLAUER 1987). Tatsächlich zeigen verschiedene Studien, dass die Bezugsnormorientierung der Lehrer einen bedeutenden Einfluss auf die Motivation der Schüler hat und sogar Leistungen verbessern kann (KRAMPEN 1985; MISCHO & RHEINBERG 1995; RHEINBERG & KRUG 1999).



Die Tabelle 7 zeigt die Befunde zu den vier Skalen in der Schule B im Vergleich zu den Stichproben aus der TIMS- und BIJU-Studie. Die Daten sind so transformiert, dass eine Standardabweichung von 10 in der Vergleichsstichprobe vorliegt. In der Schule B liegt die Streuung etwas niedriger. Als Interpretationsregeln für die Mittelwertsdifferenzen dient folgende Einteilung:

- Eine Differenz von 3 bis 4 Punkten weist einen kleinen, aber bedeutsamen Unterschied zwischen den Gruppen aus.
- Eine Differenz von 5 bis 7 Punkten weist auf einen mittelstarken Unterschied zwischen zwei Gruppen hin.
- Eine Differenz von 8 und mehr Punkten kann als starker Unterschied zwischen den betrachteten Gruppen gedeutet werden.

**Tabelle 7: Aspekte der direkten Instruktion im Mathematikunterricht. Vergleichsdaten aus der BIJU-Befragung in Nordrhein-Westfalen sowie aus TIMSS**

	Regelklarheit	Klarheit und Strukturiertheit	Unterrichts- störungen	Individuelle Bezugsnormorientierung der Lehrkraft
Hauptschule/BIJU	51.3	52.3	50.4	51.8
Realschule/BIJU	52.4	53.0	50.4	52.5
Gymnasium/BIJU	51.8	53.9	48.6	53.7
Gesamtschule/BIJU	52.2	53.0	50.1	53.2
Hauptschule/TIMSS	53.1	54.6	50.1	53.9
Realschule/TIMSS	52.8	52.6	50.7	51.3
Gymnasium/TIMSS	52.0	51.4	49.1	52.1
Gesamtschule/TIMSS	52.5	52.9	51.5	52.1
<b>Schule B</b>	57.8	61.8	44.8	60.8

Die Einschätzungen in der Schule B (vgl. Tabelle 7) fallen für alle hier berücksichtigten Indikatoren deutlich günstiger aus als die der Vergleichsgruppen. An der Schule B wird der Mathematikunterricht insgesamt als klarer und strukturierter wahrgenommen, es werden weniger Störungen berichtet und Konsequenzen von regelwidrigem Verhalten werden als klar definiert betrachtet. Außerdem weisen die Angaben der Schüler aus der Schule B darauf hin, dass in ihrem Mathematikunterricht eine sehr starke Orientierung an einer individuellen Bezugsnorm stattfindet. Dieser erfreuliche Befund mag vor allem auf eine Besonderheit zurückführbar sein: An der Schule B wird bis zur 8. Jahrgangsstufe auf den Einsatz von Noten und Zensuren verzichtet. Dies verhindert, dass es automatisch in regelmäßigen Abständen zu interindividuellen Vergleichen – und damit zu einem Aussetzen der individuellen Bezugsnorm – kommt.

Die erhobenen Schülerurteile deuten insgesamt darauf hin, dass die guten Mathematikleistungen auch ein Produkt des Unterrichts sind und nicht lediglich ein Ergebnis des günstigen familiären Hintergrunds darstellen.

## Fazit

Die Untersuchung mit TIMSS-Instrumenten an den fünf hessischen Gesamtschulen hat mehrere wichtige Erkenntnisse im Hinblick auf Schulentwicklungsmaßnahmen gebracht. Zum einen haben die Schulen wichtige Hinweise darüber erhalten, wie sie hinsichtlich einer großen Anzahl von Aspekten ihre Schüler im Vergleich mit anderen Schulen stehen. Hier hat sich das erhebliche Potenzial von TIMSS jenseits einer Momentaufnahme bundesdeutscher Fachleistungen gezeigt. Zum anderen wurde empirisch die vom Max-Planck-Institut vertretene Ansicht gestützt, dass es nicht die Schulform (dreigliedriges Schulsystem vs. Gesamtschule) per se ist, die bestimmt, wie die Lernleistung der Schüler ausfällt, sondern dass es innerhalb verschiedener Schularten die Möglichkeit gibt, mit überzeugenden pädagogischen Konzepten eine erfolgreiche Schule zu gestalten.

Was geschah und geschieht nun mit den Daten der einzelnen Schulen? Innerhalb der teilnehmenden Schulen und zusammen mit Vertretern des Max-Planck-Instituts wurden die Untersuchungsergebnisse ausführlich diskutiert. An den Schulen wird derzeit überlegt, wie die Stärken der Schulen auch in der Öffentlichkeit noch besser zur Geltung gebracht werden können und wie mit den Bereichen umgegangen werden kann, bei denen die Untersuchung noch Optimierungsbedarf offenbarte. Dabei tauschen sich die Schulen auch intensiv miteinander über ihre jeweiligen Wege aus.

## Weitere Informationen

### Verzeichnis der zitierten Literatur

- AEBLI, H. (1983). *Zwölf Grundformen des Lehrens*. Stuttgart: Klett Cotta.
- ARBEITSGRUPPE BILDUNGSBERICHT AM MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR BILDUNGSFORSCHUNG (Hrsg.). (1994). *Das Bildungswesen in der Bundesrepublik Deutschland. Strukturen und Entwicklungen im Überblick*. Reinbek: Rowohlt.
- BAPTIST, P. (1997). *Pythagoras und kein Ende?* Stuttgart: Klett.
- BAPTIST, P. (2000). Veränderungen beim Lehren und Lernen. In Arbeitskreis Gymnasium und Wirtschaft (Hrsg.), *Lehrerbildung – Gymnasium 2000* (S. 119–133). München: AGW.
- BAUMERT, J., BOS, W. & LEHMANN, R. H. (Hrsg.). (2000). *TIMSS/III. Dritte internationale Mathematik- und Naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn. Bd. 1 und 2*. Opladen: Leske + Budrich.
- BAUMERT, J., BOS, W. & WATERMANN, R. (1998). *TIMSS/III – Schülerleistungen in Mathematik und den Naturwissenschaften am Ende der Sekundarstufe II im internationalen Vergleich*. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- BAUMERT J., KLIEME, E., LEHRKE, M. & SAVELSBERGH, E. (2000). Konzeption und Aussagekraft der TIMSS-Leistungstests. Zur Diskussion um TIMSS-Aufgaben aus der Mittelstufenphysik. *Die Deutsche Schule*, 92 (1), 102–115 und (2), 196–217.
- BAUMERT, J. & KÖLLER, O. (1998): Nationale und internationale Schulleistungsstudien: Was können sie leisten, wo sind ihre Grenzen? *Pädagogik*, 50 (6), 12–18.
- BAUMERT, J. & KÖLLER, O. (2000). Unterrichtsgestaltung, verständnisvolles Lernen und multiple Zielerreichung im Mathematik- und Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. In J. BAUMERT, W. BOS & R. LEHMANN (Hrsg.), *TIMSS/III. Dritte internationale Mathematik- und Naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn: Bd. 2. Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe* (S. 271–315). Opladen: Leske + Budrich.
- BAUMERT, J., KÖLLER, O. & SCHNABEL, K. (1999). Schulformen als differentielle Entwicklungsmilieus – eine ungehörige Fragestellung? In GEWERKSCHAFT ERZIEHUNG UND WISSENSCHAFT GEW (Hrsg.), *Messung sozialer Motivation. Eine Kontroverse* (S. 28–68). Frankfurt a.M.: Bildungs- und Förderungswerk der GEW (Schriftenreihe des Bildungs- und Förderungswerks der GEW, Bd. 14).
- BAUMERT, J., LEHMANN, R. u.a. (1997). *TIMSS – Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Deskriptive Befunde*. Opladen: Leske + Budrich.
- BAUMERT, J. u.a. (1997). *Gutachten zur Vorbereitung des Programms „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“*. Bonn: Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (BLK-Materialien zur Bildungsplanung und zur Forschungsförderung, Heft 60).
- BEATON, A. E. et al. (1996). *Science achievement in the middle school years. IEA's Third International Mathematics and Science Study (TIMSS)*. Boston College: Center for the Study of Testing, Evaluation, and Educational Policy.
- BECKER, J. P. & SHIMADA, S. (1997). *The open-ended approach: A new proposal for teaching mathematics*. Reston: NCTM.
- BENDER-SZYMANSKI, D. & HESSE, H. G. (1987). *Migrantenforschung*. Köln: Böhlau.
- BERGE, O. E. & DUIT, R. (2000). Den Physikunterricht effektiver und erfreulicher machen. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik*, 49 (1), 9–13.
- BINGO (2000). *Berufsorientierung und Schlüsselprobleme im fachübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht der gymnasialen Oberstufe (BLK-Modellversuch)*. Internet: <http://didaktik.physik.uni-bremen.de/bingo/> (Projektsite 2000).

- BLUM, W. (1999). Unterrichtsqualität am Beispiel Mathematik – Was kann dies bedeuten, wie ist dies zu verbessern? *Seminar*, 4, 8–16
- BLUM, W. & NEUBRAND, M. (Hrsg.). (1998). *TIMSS und der Mathematikunterricht*. Hannover: Schroedel.
- BLUM, W. u.a. (Hrsg.). (2000). *Kooperative Modelle zur Entwicklung einer „Guten Unterrichtspraxis“ in Mathematik und Naturwissenschaften*. Fulda: Hessisches Landesinstitut für Pädagogik.
- BROMME, R., SEEGER, F. & STEINBRING, H. (1990). *Aufgaben als Anforderungen an Lehrer und Schüler*. Köln: Aulis.
- CLAUSEN, M. (in Druck): *Wahrnehmung von Unterricht. Übereinstimmung, Konstruktvalidität und Kriteriumsvalidität in der Forschung zur Unterrichtsqualität*. Berlin: Freie Universität (Dissertation am Fachbereich Erziehungswissenschaft und Psychologie).
- COMBER, L. C. & KEEVES, J. P. (1973). *Science education in nineteen countries*. New York: Wiley.
- DANCKWERTS, R. u.a. (2000). *Expertise zum Mathematikunterricht in der gymnasialen Oberstufe*. Bonn: Kultusministerkonferenz.
- DENGLER, R. (1995). Einstellungen zur Physik. Untersuchungen und Folgerungen für den Unterricht. *Unterricht Physik* 6, 28, 25–29.
- DIEDERICH, J. & TENORTH, H.-E. (1997). *Theorie der Schule. Ein Studienbuch zu Geschichte, Funktionen und Gestaltung*. Berlin: Cornelsen.
- DIEFENBACHER, I. & WURZ, L. (1999). Zum Projektstart an den beteiligten Realschulen. In H.-W. HENN (Hrsg.), *Mathematikunterricht im Aufbruch* (S. 25–28). Hannover: Schroedel.
- DUIT, R. (Hrsg.). (1999). Themenheft: TIMSS – Anregungen für einen effektiveren Physikunterricht? *Unterricht Physik* 10 (54).
- EINSIEDLER, W. (1997). Unterrichtsqualität und Leistungsentwicklung. Literaturüberblick. Entwicklung im Grundschulalter. In F. E. WEINERT & A. HELMKE (Hrsg.), *Entwicklung im Grundschulalter* (S. 223–240). Weinheim: Beltz.
- ERB, R. (1998). Das Thema „Optische Abbildung“ im Physikunterricht. Ein stoffdidaktisches Vorhaben. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 4 (2), 53–66.
- FAULSTICH-WIELAND, H. (1991). *Koedukation – Enttäuschte Hoffnungen?* Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- FISCHLER, H. (2000). Über den Einfluss von Unterrichtserfahrungen auf die Vorstellungen vom Lehren und Lernen bei Lehrerstudenten der Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 6 (Teil 1), 27–36 und (Teil 2), 79–95. Internet: <http://gandalf.ipn.unikel.de/zfdn/jahrg6.htm#Art005>.
- GALLIN, P. & RUF, U. (1995). Singuläre Schülertexte als Basis eines allgemeinbildenden Mathematikunterrichts. In R. BIEHLER, H. W. HEYMANN & B. WINKELMANN (Hrsg.), *Mathematik allgemeinbildend unterrichten: Impulse für Lehrerbildung und Schule* (S. 58–82). Köln: Aulis.
- GALLIN, P. & RUF, U. (1998). *Sprache und Mathematik in der Schule*. Seelze: Kallmeyer.
- GEONEXT-TEAM. (2001). *GEONExT: Dynamische Mathematik (Anleitung einschließlich CD sowie multimediale Lernumgebungen)*. Bayreuth: Lehrstuhl Mathematik und ihre Didaktik.
- GRUEHN, S. (1995). Vereinbarkeit kognitiver und nicht-kognitiver Ziele im Unterricht. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41, 531–553.
- GRUEHN, S. (2000). Unterricht und schulisches Lernen. Münster: Waxmann.
- HAGEMEISTER, V. (1999). Was wurde bei TIMSS erhoben? *Die Deutsche Schule*, 91 (2), 160–177.
- HÄUßLER, P. & LIND, G. (1998). *Weiterentwicklung der Aufgabenkultur im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht*. BLK-Programmförderung „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“. Erläuterungen zu Modul 1. Internet: <http://blk.mat.uni-bayreuth.de/blk/blk/material/ipn.html>.
- HÄUßLER, P. & LIND, G. (2000). „Aufgabenkultur“ – Was ist das? *Praxis der Naturwissenschaften Physik*, 49 (4), 2–10.
- HELMKE, A. (1992). *Selbstvertrauen und schulische Leistungen*. Göttingen: Hogrefe.

- HELMKE, A. & SCHRADER, F.-W. (1990). Zur Kompatibilität kognitiver, affektiver und motivationaler Zielkriterien des Schulunterrichts – Clusteranalytische Studien. In M. KNOPF & W. SCHNEIDER (Hrsg.), *Entwicklung: Festschrift zum 60. Geburtstag von Franz Emanuel Weinert* (S. 180–200). Göttingen: Hogrefe.
- HELMKE, A. & WEINERT, F. (1997). Bedingungsfaktoren schulischer Leistungen. In F. WEINERT (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie: Bd. 3. Psychologie des Unterrichts und der Schule* (S. 71–176). Göttingen: Hogrefe.
- HENN, H.-W. (Hrsg.). (1999). *Mathematikunterricht im Aufbruch*. Hannover: Schroedel.
- HEPP, R. (1999). Andere Aufgaben und mehr Kooperation. Aus der Arbeit von Thüringer Lehrerinnen und Lehrer im Rahmen des BLK- Programmes. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 10 (54), 43–45.
- HERBST, R. (1999). Naturwissenschaftliches Arbeiten. Erfahrungen mit den Modulen 1 und 2 im Gymnasium. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 10 (54) 40–42.
- HERGET, W. (Hrsg.). (2000). Aufgaben öffnen. *mathematik lehren*, H. 100, Juni.
- HERRMANN, F. (1998). *Der Karlsruher Physikkurs*. Köln: Aulis.
- HEUßER, T. (1999). Zum Projektstart an den beteiligten Gymnasien. In H.-W. HENN (Hrsg.), *Mathematikunterricht im Aufbruch* (S. 29–32). Hannover: Schroedel.
- HOFFMANN, L. & HÄUßLER, P. (1997). *An den Interessen von Mädchen und Jungen orientierter Physikunterricht. Ergebnisse eines BLK-Modellversuchs*. Kiel: IPN.
- HOFFMANN, L., HÄUßLER, P. & LEHRKE, M. (1998). *Die IPN-Interessenstudie Physik*. Kiel: IPN.
- KAISER, G. (1999). *Unterrichtswirklichkeit in England und Deutschland*. Weinheim: Beltz.
- KLIEME, E. (2000). Fachleistungen im voruniversitären Mathematik- und Physikunterricht. In J. BAUMERT, W. BOS & R. LEHMANN (Hrsg.), *TIMSS/III. Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie. Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe: Band 2* (S. 57–128). Opladen: Leske + Budrich.
- KLIEME, E. & CLAUSEN, M. (1999, April) *Identifying facets of problem solving in mathematics instructions*. Paper presented to the AERA-Meeting, Montreal.
- KLIEME, E. BAUMERT, J., KÖLLER, O. & BOS, W. (2000). Mathematisch-naturwissenschaftliche Grundbildung: Konzeptuelle Grundlagen und die Erfassung und Skalierung von Kompetenzen. In J. BAUMERT, W. BOS & R. LEHMANN (Hrsg.), *TIMSS/III. Dritte internationale Mathematik- und Naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn: Bd. 1. Mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildung am Ende der Pflichtschulzeit* (S. 85–133). Opladen: Leske + Budrich.
- KLIEME, E. & THURBAS, C. (2001). Kontextbedingungen und Verständigungsprozesse im Geometrieunterricht. In AUFSCHNAITER, S. & WELZEL, M. (Hrsg.), *Nutzung von Videodaten zur Untersuchung von Lehr-Lernprozessen* (S. 41–59). Münster: Waxmann.
- KLIEME, E., BAUMERT, J., CLAUSEN, M. & SCHÜMER, G. (in press). Instructional quality, teacher-student interaction, and learning outcomes in mathematics classrooms. Theoretical background and research questions. *Journal of Classroom Interaction*.
- KNOLL, S. (in Vorbereitung). *Anforderungen in Einführungsphasen des Mathematikunterrichts*. Berlin: Freie Universität (Dissertation am Fachbereich Erziehungswissenschaft und Psychologie).
- KÖHLER, H. (1999). Kurs auf eine andere Unterrichtskultur. In H.-W. HENN (Hrsg.), *Mathematikunterricht im Aufbruch* (S. 14–19). Hannover: Schroedel.
- KÖHLER, H. (Hrsg.). (2001). Weiterentwicklung der Unterrichtskultur im Fach Mathematik. Anregungen für neue Wege im 5. Schuljahr. Stuttgart: Landesinstitut für Erziehung und Unterricht.
- KÖLLER, O. (1998). *Zielorientierungen und schulisches Lernen*. Münster: Waxmann.
- KÖLLER, O., BAUMERT, J. & SCHNABEL, K. (1999). Wege zur Hochschulreife: Offenheit des Systems und Sicherung vergleichbarer Standards. Analysen am Beispiel der Mathematikleistungen von Oberstufenschülern an integrierten Gesamtschulen und Gymnasien in Nordrhein-Westfalen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 2, 370–405.

- KÖLLER, O., KLEMMERT, H., MÖLLER, J. & BAUMERT, J. (1999). Leistungsbeurteilungen und Fähigkeits-selbstkonzepte: Eine längsschnittliche Überprüfung des Modells des Internal/External Frame of Reference. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 13, 128–134.
- KRAMPEN, G. (1985). Differentielle Effekte von Lehrerkommentaren zu Noten bei Schülern. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 17, 99–123.
- LABUDE, P. (1993). *Erlebniswelt Physik*. Bonn: Dümmler.
- LABUDE, P. (1999a). Reaktionen auf TIMSS in der Schweiz. *Unterricht Physik*, 10 (54), 46–48.
- LABUDE, P. (Hrsg.). (1999b). Themenheft: Mädchen und Jungen im Physikunterricht. *Unterricht Physik*, 10 (54), 49.
- LABUDE, P. & STEBLER, R. (1999). Lern- und Prüfungsaufgaben für den Physikunterricht. Erträge aus dem TIMSS-Experimentiertest. *Unterricht Physik*, 10 (54), 23–31.
- LANGE, H. (1999). Qualitätssicherung in Schulen. *Die deutsche Schule*, 91 (2), 144–158.
- LEHMANN, R. H. & PEEK, R. (1997). *Aspekte der Lernausgangslage von Schülerinnen und Schülern der fünften Klassen an Hamburger Schulen*. Hamburg: Behörde für Schule, Jugend und Weiterbildung.
- LEISEN, J. (1999, November). *Lehrerbildung nach TIMSS*. Manuskript zu einem Vortrag auf der Bundesfachleitertagung des Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts in Kassel.
- LEISEN J. (in Druck). Sicherung und Steigerung der Qualität des Physikunterrichts durch Weiterentwicklung der Aufgabenkultur. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*.
- LINN, M. C., SONGER, N. B., LEWIS, E. L. & J. STERN, J. (1993). Using technology to teach thermodynamics: Achieving integrated understanding. In D. L. FERGUSON (Ed.), *Advanced educational technologies for mathematics and science* (pp. 5–60). Berlin: Springer.
- MAIER, G. (1999). Aus Fehlern lernen. Erfahrungen mit den Modulen 3 und 9 in der Realschule. *Unterricht Physik*, 10 (54), 38–39.
- MAIER, H. & VOIGT, J. (Hrsg.). (1994). *Verstehen und Verständigung*. Köln: Aulis.
- MISCHO, C. & RHEINBERG, F. (1995). Erziehungsziele von Lehrern und individuelle Bezugsnormen der Leistungsbewertung. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 9, 139–151.
- NAGASAKI, E. & BECKER, J. P. (1993). Classroom assessment in Japanese mathematics education. In N. Webb (Ed.), *Assessment in Mathematics Classroom*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- NAUCK, B. & DIEFENBACH, H. (1997). Bildungsbeteiligung von Kindern aus Familien ausländischer Herkunft. Eine methodenkritische Diskussion des Forschungsstandes und eine empirische Bestandsaufnahme. In F. SCHMIDT (Hrsg.), *Methodische Probleme der empirischen Erziehungswissenschaft* (S. 289–307). Hohengehren: Schneider.
- NEUBRAND, J. & NEUBRAND, M. (Hrsg.). (1999). Spezielle mathematikdidaktische Aspekte von TIMSS, Teil 1. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 31, 6.
- NEUBRAND, J. & NEUBRAND, M. (Hrsg.). (2000). Spezielle mathematikdidaktische Aspekte von TIMSS, Teil 2. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik* 32, 1.
- NEUBRAND, M. U.A. (1999). *Framework zur Einordnung des PISA Mathematik-Tests in Deutschland*. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- NOHDA, N. (1995). Teaching and evaluating using „open-ended problems“ in classroom. *ZDM – Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 2, 57–61.
- OECD (2000). *Measuring student knowledge and skills. The PISA 2000 assessment of reading, mathematical and scientific literacy*. Paris: OECD.
- PETRI, J. (1996). *Der Lernpfad eines Schülers in der Atomphysik*. Aachen.
- PING (2000). *Praxis integrierter naturwissenschaftlicher Grundbildung (BLK-Modellversuch)*. Internet: <http://ping.lernnetz-sh.de/> (Projektsite 2000).
- POLYA, G. (1983). *Schule des Denkens*. Bern: Francke.
- PRENZEL, M. (2000). Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts: Ein Modellprogramm von Bund und Ländern. *Unterrichtswissenschaft*, 28, 103–126.

- PRENZEL, M. & DUIT, R. (1999). Ansatzpunkte für einen besseren Unterricht. Der BLK- Modellversuch „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“.  
*Unterricht Physik*, 10 (54), 32–37.
- REINHOLD, P., LIND, G. & FRIEGE, G. (1999). Wissenszentriertes Problemlösen in Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 5 (1), 41–62.
- RHEINBERG, F. (1998). Bezugsnormorientierung. In D. H. ROST (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (S. 39–43). Weinheim: Beltz/PVU.
- RHEINBERG, F. & KRUG, S. (Hrsg.). (1999). *Motivationsförderung im Schulalltag* (2. Aufl.). Göttingen: Hogrefe.
- RHÖNECK, C. VON (1980). Schüleräußerungen zum Begriff der elektrischen Spannung beim Erklären realer Experimente. *Der Physikunterricht*, 14 (4), 16–29.
- RUF, U. & GALLIN, P. (1999). *Dialogisches Lernen in Sprache und Mathematik* (2 Bd.). Seelze: Kallmeyer.
- SHECKER, H. (1988). Denkaufgaben zum Kraftbegriff. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik*, 36, 36–39.
- SHECKER, H. & NIEDDERER, H. (1996). Contrastive teaching: A strategy to promote qualitative conceptual understanding of science. In D. TREAGUST, R. DUIT & B. FRASER (Eds.), *Improving teaching and learning in science and mathematics* (pp. 141–151). New York: Teachers College Press.
- SHECKER, H. & WINTER, B. (2000). Fächerverbindender Unterricht in der gymnasialen Oberstufe. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 53, 6.
- SCHNABEL, K. U. (1998). *Prüfungsangst und Lernen*: Münster: Waxmann.
- SCHUPP, H. (1999). Aufgabenvariation als Unterrichtsgegenstand. In H.-W. HENN (Hrsg.), *Mathematikunterricht im Aufbruch* (S. 20–23). Hannover: Schroedel.
- SCHWIPPERT, K. (1999). *Einfluss schulischer und unterrichtlicher Faktoren auf das Leseverständnis Vierzehnjähriger unter Berücksichtigung ihrer sozialen Lage*. Unveröff. Dissertation. Humboldt-Universität zu Berlin.
- STÄUDEL, L. (2000). Stationenlernen im Chemieunterricht – eine Einführung. *Unterricht Chemie*, 11 (58/59), 2–5.
- STERN, E. (1994). *Die Entwicklung des mathematischen Verständnisses im Kindesalter*. München: Ludwig-Maximilians-Universität (Habilitation im Fach Psychologie).
- STIGLER, J. W., GONSALES, P., KAWANAKA, T., KNOLL, S. & SERRANO, A. (1999). *The TIMSS videotape classroom study: Methods and preliminary findings*. Report prepared for the National Center for Education Statistics, U.S. Department of Education, Los Angeles.
- TERHART, E. (1997). *Lehr-Lern-Methoden*. Weinheim: Juventa.
- TERHART, E. (Hrsg.). (2000). *Perspektiven der Lehrerbildung in Deutschland*. Weinheim: Beltz.
- THEUNE, B. & STAMME, M. (2000). Riechen, Schauen, Tasten ... Lernzirkel Stoffeigenschaften. *Unterricht Chemie*, 11 (58/59), 10–14.
- THÜRINGER INSTITUT FÜR LEHRERFORTBILDUNG, LEHRPLANENTWICKLUNG UND MEDIEN (THILLM). (2000). *Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts*. Bad Berka: THILLM (Impulse, H. 27).
- VOLLRATH, H.-J. (1993). Sätze angemessen bewerten lernen. *Mathematik in der Schule*, 31, 395–408.
- WAGNER, J. W. L. (1999). *Soziale Vergleiche und Selbsteinschätzungen*. Münster: Waxmann.
- WALTHER, G. (1985). Zur Rolle von Aufgaben im Mathematikunterricht. In *Beiträge zum Mathematikunterricht 1985* (S. 28–42). Bad Salzdetfurth.
- WEBER, F. (Hrsg.). (1999). *Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts. Die Umsetzung des BLK-Programms in Rheinland-Pfalz*. Mainz: Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Weiterbildung.
- WEINERT, F. E. (1998). Neue Unterrichtskonzepte zwischen gesellschaftlichen Notwendigkeiten, pädagogischen Visionen und psychologischen Möglichkeiten. In BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UNTERRICHT, KULTUS, WISSENSCHAFT UND KUNST (Hrsg.), *Wissen und Werte für die Welt von morgen* (S. 101–125). München: Bildungskongress.
- WEINERT, F. E. (2001). *Leistungsmessungen in Schulen*. Weinheim: Beltz.

- WIEGAND, B. (1999). TIMSS als Spiegel für Defizite im deutschen Mathematikunterricht der Sek. II. In *Beiträge zum Mathematikunterricht 1999* (S. 594–597). Hildesheim: Franzbecker.
- WIEGAND, B. (2000). *Mathematische Anwendungsfähigkeiten von Lernenden der Sekundarstufe I*. Unveröff. Dissertation, Universität Kassel.
- WIESNER, H. (1994). Ein neuer Optikkurs für die Sekundarstufe I, der sich an Lernschwierigkeiten und Schülervorstellungen orientiert. *Unterricht Physik*, 4 (22), 7–15.
- WILSON, K. & DAVISS, B. (1996). *Redesigning education*. New York: Teachers College Press.
- WINTER, H. (1989). *Entdeckendes Lernen im Mathematikunterricht*. Braunschweig: Vieweg.
- WINTER, H. (1995). Mathematikunterricht und Allgemeinbildung. *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*, 61, 37–46.
- WITTMANN, E. (1992). Mathematikdidaktik als „design science“. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 13 (1), 55–70.
- WITTMANN, E. (1995). Unterrichtsdesign und empirische Forschung. In *Beiträge zum Mathematikunterricht 1995* (S. 528–531). Hildesheim: Franzbecker.



# Übersicht über die wichtigsten deutschsprachigen Arbeiten zu TIMSS

RAINER WATERMANN

Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, Berlin

## Veröffentlichungen der TIMSS-Arbeitsgruppe am Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, Berlin

### BÜCHER

- BAUMERT, J., BOS, W. & LEHMANN, R. (Hrsg.). (2000). *TIMSS/III. Dritte internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie – Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn: Bd. 1. Mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildung am Ende der Pflichtschulzeit*. Opladen: Leske + Budrich.
- BAUMERT, J., BOS, W. & LEHMANN, R. (Hrsg.). (2000). *TIMSS/III. Dritte internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie – Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn: Bd. 2. Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe*. Opladen: Leske + Budrich.
- BAUMERT, J., BOS, W. & WATERMANN, R. (1998). *TIMSS/III. Schülerleistungen in Mathematik und den Naturwissenschaften am Ende der Sekundarstufe II im internationalen Vergleich. Zusammenfassung deskriptiver Ergebnisse*. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung (Studien und Berichte, 64).
- BAUMERT, J., LEHMANN, R., LEHRKE, M., SCHMITZ, B., CLAUSEN, M., HOSENFELD, I., KÖLLER, O & NEUBRAND, J. (1997). *TIMSS – Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Deskriptive Befunde*. Opladen: Leske + Budrich.

127

### AUFSÄTZE

- BAUMERT, J., KLIEME, E., LEHRKE, M. & SAVELSBERGH, E. (1999). Konzeption und Aussagekraft der TIMSS-Leistungstests. Zur Diskussion um TIMSS-Aufgaben aus der Mittelstufenphysik (Teil 1). *Die deutsche Schule*, 92, 102–115.
- BAUMERT, J., KLIEME, E., LEHRKE, M. & SAVELSBERGH, E. (1999). Konzeption und Aussagekraft der TIMSS-Leistungstests. Zur Diskussion um TIMSS-Aufgaben aus der Mittelstufenphysik (Teil 2). *Die deutsche Schule*, 92, 196–217.
- BAUMERT, J. & KÖLLER, O. (1998). Nationale und internationale Schulleistungstudien: was können sie leisten, wo sind ihre Grenzen? *Pädagogik*, 50, 12–18.
- BOS, W. & BAUMERT, J. (1999). Möglichkeiten, Grenzen und Perspektiven internationaler Bildungsforschung: das Beispiel TIMSS/III. *Aus Politik und Zeitgeschichte*, 49, 3–15.
- KLIEME, E. & BOS, W. (2000). Mathematikleistung und mathematischer Unterricht in Deutschland und Japan: Triangulation qualitativer und quantitativer Analysen am Beispiel der TIMS-Studie. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 3, 359–379.
- KLIEME, E., KÖLLER, O. & STANAT, P. (2001). TIMSS und PISA. Von der Untersuchung fachlichen Lernens zur Analyse allgemeiner Kompetenzentwicklung. *Journal für Schulentwicklung*, 2, 18–32.
- KÖLLER, O., BAUMERT, J. & BOS, W. (2001). TIMSS – Third international mathematics and science study. Dritte internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie. In F. E. WEINERT (Hrsg.), *Leistungsmessungen in Schulen* (S. 269–284). Weinheim: Beltz.

## Veröffentlichungen anderer deutschsprachiger Länder

### BÜCHER

- MOSER, U., RAMSEIER, E. & KELLER, C. (1997). *Schule auf dem Prüfstand. Eine Evaluation der Sekundarstufe I auf der Grundlage der „Third International Mathematics and Science Study“*. Chur: Rüegger.
- RAMSEIER, E., KELLER, C. & MOSER, U. (1999). *Bilanz Bildung. Eine Evaluation am Ende der Sekundarstufe II auf der Grundlage der „Third International Mathematics and Science Study“*. Chur: Rüegger.

### AUFSÄTZE

- RAMSEIER, E. (1997). *Naturwissenschaftliche Leistungen in der Schweiz. Vertiefende Analyse der nationalen Ergebnisse in TIMSS*. Bern: Amt für Bildungsforschung.
- RAMSEIER, E. (1999). TIMSS-Differenzen: Die Leistungen in den Naturwissenschaften und der Mathematik in Deutschland und der Schweiz. *Die deutsche Schule*, 91, 202–209.
- STEBLER, R., REUSSER, K. & RAMSEIER, E. (1998). Praktische Anwendungsaufgaben zur integrierten Förderung formaler und materialer Kompetenzen – Erträge aus dem TIMSS-Experimentiertest. *Bildungsforschung und Bildungspraxis*, 20, 28–53.

## Weiterführende Literatur zum Thema „Schulleistungsstudien“

- BAUMERT, J. (1998). Internationale Schulleistungsvergleiche. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (S. 219–225). Weinheim: Beltz.
- KLIEME, E., BAUMERT, J. & SCHWIPPERT, K. (2000). Schulbezogene Evaluation und Schulleistungsvergleiche: eine Studie im Anschluss an TIMSS. In H. G. ROLFF, W. BOS, K. KLEMM, H. PFEIFFER & R. SCHULZ-ZANDER (Hrsg.), *Jahrbuch der Schulentwicklung* (Bd. 11, S.387–420). Weinheim: Juventa.
- LANGE, H. (1999). Qualitätssicherung in Schulen. *Die deutsche Schule*, 91, 144–159.
- MARITZEN, N. (1999). Leistungstest und Qualitätssicherung im Schulwesen. Politische Zielvorstellungen und Programme. In B. VON ROSENBLADT (Hrsg.), *Bildung in der Wissensgesellschaft* (S. 93–105). Münster: Waxmann.
- WEINERT, F. E. (Hrsg.). (2001). *Leistungsmessungen in Schulen*. Weinheim: Beltz.

## Konsequenzen in der Mathematikdidaktik

- BLUM, W. & NEUBRAND, M. (Hrsg.). (1998). *TIMSS und der Mathematik-Unterricht: Informationen, Analysen, Konsequenzen*. Hannover: Schroedel.
- FLADE, L. & HERGET, W. (Hrsg.). (2000). *Mathematik: lehren und lernen nach TIMSS: Anregungen für die Sekundarstufe*. Berlin: Volk-und-Wissen-Verlag.
- JORDA, S. (1999). Was ist uns der Physikunterricht in der Schule wert? *Physikalische Blätter*, 55, 19–21.
- KAISER, G. (Hrsg.). (1998). TIMSS – Anstöße für den Mathematikunterricht. *Mathematik lehren*, 90.
- KAISER, G. (2000). Internationale Vergleichsuntersuchungen im Mathematikunterricht – Eine Auseinandersetzung mit ihren Möglichkeiten und Grenzen. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 21, 171–192.
- KNOCHE, N. & LIND, D. (2000). Eine Analyse der Aussagen und Interpretationen von TIMSS unter Betonung methodologischer Aspekte. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 21, 3–27.

- KNOLL, S. (1998). Anforderungsgestaltung im Mathematikunterricht: Sekundarstufe I, 8. Schuljahr. *Mathematik lehren*, 90, 47–51.
- NEUBRAND, J. (1998). Japanischer Unterricht aus mathematikdidaktischer Sicht. Sekundarstufe I, 8. Schuljahr. *Mathematik lehren*, 90, 52–55.
- NEUBRAND, J. & NEUBRAND, M. (Hrsg.). (1999). Spezielle mathematikdidaktische Aspekte von TIMSS, Teil 1. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 31 (6).
- NEUBRAND, J. & NEUBRAND, M. (Hrsg.). (2000). Spezielle mathematikdidaktische Aspekte von TIMSS, Teil 2. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 32 (1).
- NEUBRAND, M. (1998). TIMSS: klarer sehen durch den Blick von außen. *Grundschule*, 30 (2), 19–20.
- RESCH-ESSER, U. (1998). Routine gut, Problemlösen mangelhaft. Bericht TIMSS-Germany liegt vor. *Physikalische Blätter*, 54, 595–599.

### Konsequenzen in der Physikdidaktik

- DREISIGACKER, E. (1998). TIMS-Studie für die Oberstufe: Deutschland nur Mittelmaß. *Physikalische Blätter*, 54, 309.
- DUIT, R. (Hrsg.). (1999). Themenheft: TIMSS – Anregungen für einen effektiveren Physikunterricht? *Unterricht Physik*, 10 (54).
- HEBER, I., SCHECKER, H., MÜLLER, W. u.a. (2001). Physikunterricht und naturwissenschaftliche Bildung – aktuelle Herausforderungen. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 54 (3), Beiheft.
- LABUDDE, P. (1999). Reaktionen auf TIMSS in der Schweiz. *Unterricht Physik*, 10 (54), 46–48.
- LABUDDE, P. & STEBLER, R. (1999). Lern- und Prüfungsaufgaben für den Physikunterricht. Erträge aus dem TIMSS-Experimentiertest. *Unterricht Physik*, 10 (54), 23–31.
- SCHECKER, H. & KLIEME, E. (2001). Mehr Denken, weniger Rechnen – Konsequenzen aus der internationalen Vergleichsstudie TIMSS für den Physikunterricht. *Physikalische Blätter*, 57 (7/8), 113–117.

## Webseiten zu TIMSS und weiteren Projekten

### TIMSS-Studie

Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, Berlin:  
<http://www.timss.mpg.de>

Boston College (Internationale Studienleitung von TIMSS):  
<http://timss.bc.edu>

IEA International Association for the Evaluation of Educational Achievement  
(Internationale Organisation der Studie):  
<http://www.iea.nl>

National Center for Educational Statistics (NCES):  
<http://nces.ed.gov/timss>

### Weiterführende Projekte

BLK-Modellprogramm „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“:  
<http://blk.mat.uni-bayreuth.de>

Dynamische Mathematik:  
<http://geonext.de>

Multimediale Lernumgebungen:  
<http://did.mat.uni-bayreuth.de>

DFG-Forschungsschwerpunktprogramm „BIQUA“ (Bildungsqualität von Schule):  
<http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/biqua>

PISA–OECD Programme for International Student Assessment:  
<http://www.pisa.oecd.org>

PISA-Homepage des Max-Planck-Instituts für Bildungsforschung, Berlin:  
<http://www.mpib-berlin.mpg.de/pisa>

### Allgemeine bildungsrelevante Informationen

Deutscher Bildungsserver:  
<http://www.bildungsserver.de>

## Autoren dieser Broschüre

Baptist, Peter, Prof. Dr.  
Universität Bayreuth  
Lehrstuhl für Mathematik und ihre Didaktik  
Postfach 101251  
95440 Bayreuth  
peter.baptist@uni-bayreuth.de

Baumert, Jürgen, Prof. Dr.  
Direktor am Max-Planck-Institut für Bildungsforschung  
Leiter des Forschungsbereichs Erziehungswissenschaft und Bildungssysteme  
Lentzeallee 94  
14195 Berlin  
baumert@mpib-berlin.mpg.de

Blum, Werner, Prof. Dr.  
Universität Kassel  
Fachbereich 17 Mathematik  
Heinrich-Plett-Str. 40  
34109 Kassel  
blum@mathematik-uni-kassel.de

Bos, Wilfried, Prof. Dr.  
Universität Hamburg  
Institut für International und Interkulturell Vergleichende Erziehungswissenschaft  
Sedanstrasse 19  
20146 Hamburg  
officebos@erzwiss.uni-hamburg.de

Doll, Jörg, Privatdozent Dr.  
Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel  
Olshausenstr. 62  
24098 Kiel  
doll@ipn.uni-kiel.de

Klieme, Eckhard, Prof. Dr.  
(bis September 2001 Max-Planck-Institut für Bildungsforschung)  
Leiter der Arbeitseinheit „Bildungsqualität und Evaluation“ am  
Deutschen Institut für Internationale Pädagogische Forschung  
Postfach 900270  
60442 Frankfurt a.M.  
klieme@dipf.de

Knoll, Steffen  
IEA Data Processing Center Hamburg  
Mexikoring 37  
22297 Hamburg  
Steffen.Knoll@IEA-DPC.de

Köller, Olaf, Privatdozent Dr.  
Max-Planck-Institut für Bildungsforschung  
Forschungsbereich Erziehungswissenschaft und Bildungssysteme  
Lentzeallee 94  
14195 Berlin  
koeller@mpib-berlin.mpg.de

Prenzel, Manfred, Prof. Dr.  
Geschäftsführender Direktor des  
Instituts für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel  
Olshausenstr. 62  
24098 Kiel  
prenzel@ipn.uni-kiel.de

Schecker, Horst, Privatdozent Dr.  
Universität Bremen  
Institut für Physik  
Postfach 330440  
28334 Bremen  
schecker@theo.physik.uni-bremen.de

Schümer, Gundel, Dr.  
Max-Planck-Institut für Bildungsforschung  
Forschungsbereich Erziehungswissenschaft und Bildungssysteme  
Lentzeallee 94  
14195 Berlin  
schuemer@mpib-berlin.mpg.de

Trautwein, Ulrich  
Max-Planck-Institut für Bildungsforschung  
Forschungsbereich Erziehungswissenschaft und Bildungssysteme  
Lentzeallee 94  
14195 Berlin  
trautwein@mpib-berlin.mpg.de

Watermann, Rainer  
Max-Planck-Institut für Bildungsforschung  
Forschungsbereich Erziehungswissenschaft und Bildungssysteme  
Lentzeallee 94  
14195 Berlin  
watermann@mpib-berlin.mpg.de

# TIMSS – Impulse für Schule und Unterricht

Multimedia CD-ROM

**Herausgeber**

Bundesministerium  
für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Öffentlichkeitsarbeit  
53170 Bonn

**Autoren**

Eckhard Klieme  
Gundel Schümer  
Steffen Knoll



# Bundesministerium für Bildung und Forschung

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unentgeltlich abgegeben. Sie ist nicht zum gewerblichen Vertrieb bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlbewerbern oder Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen sowie für Wahlen zum Europäischen Parlament. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen und an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung.

Unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Schrift dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Bundesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

**BMBF PUBLIK**