

Zu diesem Heft



Liebe Leserinnen und Leser,

keine Untersuchung zum mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht hat seit langem die für diese Unterrichtsfächer Verantwortlichen und darüber hinaus eine breite Öffentlichkeit so aufgeschreckt wie TIMSS (Third International Science and Mathematics Study). Es zeigte sich, dass unsere deutschen Schülerinnen und Schüler im internationalen Leistungsvergleich offenbar nur Mittelmaß sind – und dies sowohl in der 7. und 8. Klasse wie in den Abschlussklassen des Gymnasiums.

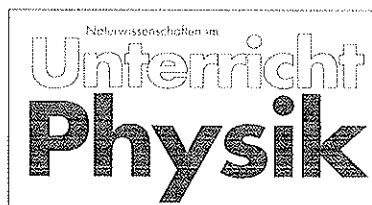
Die vielen besorgten Stellungnahmen von Fachverbänden und in den Massenmedien sowie ein BLK-Modellversuch zur „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“ können Anstöße geben, unseren Unterricht zu verbessern. Mit diesem Heft wollen wir über Ergebnisse von TIMSS informieren, einen Teil der verwendeten Aufgaben – mit Kommentaren versehen – vorstellen und skizzieren, welche Initiativen durch TIMSS in Deutschland, aber auch in Österreich und der Schweiz angestoßen wurden.

Um Missverständnisse zu vermeiden: Mit „effektivem“ Physikunterricht meinen wir nicht Unterricht, der allein zur Steigerung der Leistung beiträgt, sondern einen Unterricht, der für Sie und Ihre Schülerinnen und Schüler im umfassenden Sinne befriedigend ist.

Im Namen der Autoren

Ihr

Reinders Duit



Heft 54, Dezember 1999,
10. Jahrgang

**TIMSS – Anregungen
für einen effektiveren
Physikunterricht?**

Herausgeber: Prof. Dr. Reinders Duit, Kiel

Basisartikel

| | |
|---|---|
| <i>Reinders Duit</i> Das Lernen von Physik verbessern Beiträge der empirischen Unterrichtsforschung | 4 |
| <i>Manfred Lehrke</i> TIMSS: Eine Studie und ihre Ergebnisse Die wichtigsten Resultate der TIMSS-Studie für die Klassenstufen 7 und 8 und für die Abschlussklassen in Deutschland | 7 |

Unterrichtspraxis

| | |
|---|----|
| <i>Reinders Duit</i> TIMSS-Items für die Klassenstufen 7 und 8 | 10 |
| <i>Helmut Kühnelt</i> TIMSS-Items für die Sekundarstufe II | 17 |
| <i>Peter Labudde und Rita Stebler</i> Lern- und Prüfungsaufgaben für den Physikunterricht Erträge aus dem TIMSS-Experimentiertest | 23 |
| <i>Manfred Prenzel und Reinders Duit</i> Ansatzpunkte für einen besseren Unterricht Der BLK-Modellversuch „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“ | 32 |
| <i>Günter Maier</i> Aus Fehlern lernen Erfahrungen mit den Modulen 3 und 9 in der Realschule | 38 |
| <i>Rudolf Herbst</i> Naturwissenschaftliches Arbeiten Erfahrungen mit den Modulen 1 und 2 im Gymnasium | 40 |
| <i>Ralph Hepp</i> Andere Aufgaben und mehr Kooperation Aus der Arbeit von Thüringer Lehrerinnen und Lehrern im Rahmen des BLK-Programmes | 43 |

Magazin

| | |
|---|----|
| <i>Peter Labudde</i> Reaktionen auf TIMSS in der Schweiz | 46 |
| <i>Helmut Kühnelt</i> Das Projekt „Innovation in Mathematics und Science Teaching“ (IMST) – Folgerungen aus den TIMSS-Ergebnissen für Österreich | 49 |
| <i>Martin Volkmer und Otto Ernst Berge</i> Versuchskartei | 51 |
| Vorschau/Rückschau/Impressum | 50 |
| Kurzfassungen | 53 |



Reaktionen auf TIMSS in der Schweiz

Von Peter Labudde

Der erste Satz des Editorials gilt nicht für die Schweiz, wenn es dort heisst (S. 3): „Keine Untersuchung zum mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht hat seit langem [...] eine breite Öffentlichkeit so aufgeschreckt wie TIMSS“. In der Schweiz hat TIMSS keinen Wirbel ausgelöst, man möchte fast sagen, leider! Denn so gibt es heute nur wenig Bereitschaft und kaum Geld für Innovationen, die in Schule und Unterricht in manchen Bereichen sinnvoll und notwendig wären.

TIMSS in Medien und Politik

Während im Ausland, insbesondere auch in Deutschland, die Schweizer TIMSS-Resultate als gut eingestuft werden, zeichnen die Schweizer Medien ein höchst unterschiedliches Bild. So titeln die einen Zeitungen „Schlechte Noten für den Schweizer Nachwuchs“ oder „Schweizer rechnen

schlecht“, die anderen dagegen „In Mathematik sind Schweizer Schüler an der europäischen Spitze“ oder „Spitzenleistungen der Schweizer Siebtklässler“. In einigen Fällen muss die Berichterstattung als krass verzerrt und sensationslüstern bezeichnet werden. Leider wird diese fahrlässig negative Bewertung der Schweizer TIMSS-Resultate von einzelnen politischen Parteien und Bildungsverantwortlichen missbraucht, um nach mehr Drill und Kontrolle bei Lernenden und Lehrenden zu rufen. Andere hingegen, die die Schweizer Ergebnisse als positiv einstufen, klopfen sich zufrieden auf die Schultern und sehen keinen Anlass für irgendwelche Veränderungen. Eine differenziertere Datenanalyse und Diskussion wird momentan vor allem in Insiderkreisen geführt. Dabei geht es um verschiedene Punkte:

Lernziele im Physikunterricht

Was soll im Unterricht gefördert werden,

das Beobachten und Experimentieren, das Problemlösen und das Anwenden einfacher naturwissenschaftlicher Methoden – oder der Aufbau eines systematischen Fachwissens? Die Diskussion um Lern- und Bildungsziele im Physikunterricht ist durch TIMSS neu entfacht worden. Auch wenn sich die genannten Lernziele nicht strikt voneinander trennen lassen, zeigt TIMSS, dass Schweizer 13-Jährige überdurchschnittlich gut im Problemlösen, Anwenden und Experimentieren abschneiden, hingegen der Aufbau eines detaillierteren, systematischen Fachwissens relativ bescheiden bleibt (siehe Kasten unten). Dieses Ergebnis entspricht den Zielen der meisten Lehrpläne. So heisst es im Kanton Aargau für das 6.–9. Schuljahr: „Ziel des Unterrichts [...] ist es, den Schülern Erscheinungen unserer hochtechnisierten Umwelt verständlich zu machen. Es sind deshalb nicht systematische Kenntnisse der Wissenschaften Physik und Chemie anzustreben, vielmehr sollen die Fähigkeiten, genau zu beobachten, in Modellen zu denken und Erkanntes bewerten zu können, gefördert werden.“

Verstehen versus Auswendiglernen

Einzelne Lehrkräfte kritisierten die Multiple-Choice- und Kurzantwort-Aufgaben der TIMSS-Tests – nicht die Versuche des Experimentiertests – heftig und oft undifferenziert. Ihr Vorwurf: Derartige Auf-

Die TIMSS-Ergebnisse der Schweiz

Die naturwissenschaftlichen Leistungen der Schweizer 13-Jährigen liegen im internationalen Mittelfeld. In der Deutschschweiz handelt es sich dabei infolge des späten Einschulungsalters um die Kinder des 6. und 7. Schuljahres, in Deutschland, Österreich und fast allen weiteren Ländern hingegen um die Kinder des 7. und 8. Schuljahres [1]. Nimmt man für den Vergleich ausschliesslich die Schülerinnen und Schüler des 8. Schuljahres, schneidet die Schweiz deutlich besser ab und liegt zusammen mit Österreich im oberen Drittel aller Länder, während Deutschland einen Mittelplatz belegt ([2], S. 98).

Ein ähnlich gutes Resultat erzielten die 13- bis 14-Jährigen im TIMSS-Experimentiertest (siehe den Beitrag auf S. 23–31; [3]). Die Schülerinnen und Schüler aus Singapur, der Deutschschweiz, Schweden, Schottland und Norwegen bilden die Spitzengruppe unter den 21 beteiligten Ländern.

Beim Leistungsvergleich am Ende der Sekundarstufe II liegt die Schweiz im Test zur mathematisch-naturwissenschaftlichen Grundbildung (siehe auch den Beitrag auf S. 17 ff.; [4], S. 32) im vordersten Viertel aller Länder, Deutschland und

Österreich im Mittelfeld. Werden beim Test zur voruniversitären Fachleistung in Physik, dem zweiten auf dieser Altersstufe durchgeführten Test, die besten 5 % eines Jahrgangs in einen Vergleich einbezogen, d. h. vor allem Jugendliche aus Physikleistungskursen oder mathematisch-naturwissenschaftlichen Gymnasien, erreichen die Jugendlichen aus Deutschland, Österreich und der Schweiz fast identische Resultate, mit denen sie international im oberen Mittelfeld liegen ([4], S. 194).

In Mathematik schneiden die Schweizer Schüler und Schülerinnen sowohl auf der SI wie auf der SII deutlich besser ab als in den Naturwissenschaften bzw. Physik. Dies könnte auf die im internationalen Vergleich recht hohe Stundendotation in Mathematik und die vergleichsweise niedrige Dotation in Naturwissenschaften zurückzuführen sein [5].

Die 13-Jährigen stufen die Bedeutung des naturwissenschaftlichen Unterrichts als sehr gering ein: In keinem anderen Land stimmen so wenige Kinder der Aussage zum „Es ist wichtig, in Naturwissenschaften gut zu sein“ ([1], S. 102). Neben der geringen Stundendotation könnte ein weiterer Grund hierfür darin liegen, dass die Naturwissenschaften in der SI am schulischen Selektionsprozess kaum beteiligt sind ([5], S. 92).



Karikatur aus einer Schweizer Tageszeitung zu einem Artikel über TIMSS („Der Bund“, 26. 2. 1998)

gaben und internationale Tests führten zu sinnlosem Auswendiglernen und zu einer verarmten Prüfungsmonokultur, wirkliches Verstehen physikalischer Begriffe und Methoden käme zu kurz.

In Deutschland ist vielerorts eine Veröffentlichung von TIMSS-Aufgaben geplant mit dem erklärten Ziel, Standards zu setzen. In der Schweiz steht etwas Ähnliches überhaupt nicht zur Diskussion. Vermutlich würden sich dem auch viele Lehrerinnen und Lehrer entgegenstellen: Diese stufen das wirkliche Verstehen im Physikunterricht, eine reichhaltige Prüfungskultur sowie die eigene Autonomie und Lehrfreiheit höher ein als die Chancen, die normierte Testaufgaben wie diejenigen von TIMSS beinhalten können.

Erweiterte Lehrformen und Konstruktivismus

In den vergangenen 10-15 Jahren wurden von Schweizer Lehrerinnen und Lehrern nur wenige Themen so intensiv diskutiert und erarbeitet wie die sog. erweiterten Lehrformen. Es geht dabei um eine Erweiterung des Repertoires an Unterrichtsmethoden, um eine stärkere Individualisierung der Lernprozesse und größere Selbstständigkeit der Lernenden. Lernzirkel, projektartiger Unterricht, Fallstudien, Leitprogramme usw. gehören inzwischen zum Repertoire vieler Lehrpersonen – im Rahmen von Doppellektionen, Wochenplan, Epochen- oder Blockunterricht.

Werden diese Unterrichtsansätze von den TIMSS-Resultaten gestützt? Auch wenn TIMSS hier nur beschränkt Aussagen zulässt, kann aufgrund einiger vertiefter Analysen folgende Hypothese aufgestellt werden ([5], S. 202; [8]): Es ist weniger die Unterrichtsmethode als der Stil entscheidend. Ein konstruktivistisch orientierter Unterrichtsstil trägt dazu bei, die Einschätzung der eigenen Kompetenz und die Motivation in Bezug auf die Physik sowie die Physikleistungen zu verbessern – allerdings nur in beschränktem Umfang. In einigen neueren Schweizer Lehrplänen wird dies berücksichtigt, wenn es z. B. im Rahmenlehrplan Physik für die Sekundarstufe II heißt: „Die Fachsprache der Physik muss sich aus der Alltagssprache entwickeln. [...] Schulphysik muss sich daher spontan und ohne Einengung des Vorwissens und der altersspezifischen geistigen Möglichkeiten gleichsam von unten entwickeln“. TIMSS hat in unserem Land die Diskussion um die erweiterten Lehrformen und Konstruktivismus mit neuen Forschungsergebnissen bereichert.

Mädchen und Jungen

TIMSS bestätigte für die Schweiz einmal mehr die großen Einstellungs- und Leistungsunterschiede zwischen Mädchen und Jungen. Dies hat den Themen „Koedukation im Physikunterricht“ sowie „Wandel der Geschlechterrollen“ neuen Zündstoff verliehen. So wurden in den vergangenen Jahren einige neue Arbeitsgruppen wie „Mädchen und Mathematik“ oder „Geschlechtergleichstellung am Gymnasium“ gegründet. Außerdem finden entsprechende Weiterbildungsveranstaltungen und schulhausinterne Lehrerfortbildungen statt. Auch wenn in der Schweiz die Sensibilisierung der Lehrkräfte für die Thematik deutlich gestiegen ist, ist der Weg zu einem geschlechtergerechten Physikunterricht noch weit.

Stellenwert der Naturwissenschaften

Naturwissenschaftslehrerinnen und -lehrer fühlen sich durch TIMSS darin bestärkt, dass der Stellenwert ihrer Fächer in Schule und Gesellschaft deutlich zu verbessern ist. Zwei Resultate geben besonders zu denken: zum einen die im internationalen Vergleich niedrige Stundendotation der Naturwissenschaften in der Sekundarstufe I (zum Beispiel für Physik in einzelnen Kantonen im 5.-9. Schuljahr insgesamt nur 2-3 Jahreswochenstunden), zum anderen die geringe Bedeutung, die Schülerinnen und Schüler den Naturwissenschaften beimessen.

Integrationsfach Naturwissenschaften

Über einen Punkt gibt es in der Schweiz – im Gegensatz zu Deutschland – gar nichts zu reden. In fast allen Kantonen und Schultypen werden in der Sekundarstufe I die Naturwissenschaften in einem Integrationsfach „Naturkunde“, „Natur-Mensch-Mitwelt“ o. Ä. unterrichtet. In der Se-



Foto: Bert Butzke, Mithras a. d. Ruhr

Projektunterricht – etwa zum Thema Fahrrad – gehört in der Schweiz schon lange zum Repertoire vieler Lehrerinnen und Lehrer

kundarstufe II finden Physik, Biologie und Chemie zwar getrennt statt, jedoch gibt es in zunehmendem Maße neben den Einzeldisziplinen spezielle Veranstaltungen für interdisziplinären Unterricht; Disziplinarität und Interdisziplinarität sollen sich komplementär ergänzen. TIMSS hat diese Tendenzen und Charakteristika des naturwissenschaftlichen Unterrichts nicht beeinflusst.

Weiterführende Forschungsprojekte

Die TIMS-Studie wurde in der Schweiz durch mehrere zusätzliche nationale und kantonale Vertiefungsstudien ergänzt ([5], [6], [7], [8]). Deren Resultate wiederum sind Auslöser verschiedener neuer Projekte in Fachdidaktik, Kognitionspsychologie und Bildungsforschung. Zum Beispiel beteiligt sich die Schweiz an einer groß angelegten internationalen Videostudie zum Mathematikunterricht, an einem Projekt zur Veränderung der Prüfungskultur in den Naturwissenschaften und an einer von amerikanischer Seite initiierten Fallstudie zur Ausbildung und Berufseinführung von Naturwissenschaftslehrkräften.

Unterschiede zwischen Deutschland und der Schweiz

Als eine Folge der Diskussionen, die TIMSS in Deutschland ausgelöst hat, werden häufig Schweizer Fachleute zu Tagungen nach

Sowohl im TIMSS-Aufgabentest wie auch im Experimentiertest erzielen die 13-Jährigen überdurchschnittliche Resultate in denjenigen Aufgaben, die Problemlösen, den Einsatz naturwissenschaftlicher Routineverfahren (z. B. Messen, Datenprotokollierung) sowie das Planen, Durchführen und Auswerten naturwissenschaftlicher Experimente verlangen. Relativ schlecht hingegen schneiden die Schweizer Jugendlichen bei Aufgaben ab, die spezielles, fachliches Detailwissen testen [7].

Die Leistungsunterschiede zwischen Mädchen und Jungen, insbesondere in Physik und Mathematik am Ende der Sekundarstufe II, sind in der Schweiz größer als in fast allen anderen Nationen [4]. Ein weltweites Unikum stellt die hohe schweizerische „Bildungssystem-Dichte“ dar: Bei einer Gesamtbevölkerung von nur sieben Millionen Menschen gibt es 26 (Halb-)Kantone und damit 26 verschiedene Bildungssysteme. Da somit die personellen Ressourcen begrenzt sind und weil es auch dem Schweizer Gesellschaftsverständnis entspricht, werden in Bildungsgesetzgebung, Lehrplan-Entwicklung, Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften von Anfang an alle beteiligten Kreise, insbesondere auch die Lehrerinnen und Lehrer, stark mit einbezogen.

Deutschland eingeladen. Dort werden immer wieder zwei Fragen gestellt: „Auf was sind die unterschiedlichen TIMSS-Resultate der beiden Länder zurückzuführen? Was ist in der Schweiz anders als in Deutschland?“ Eine schwierige und heikle Frage: TIMSS hatte nicht den Anspruch, hier Antworten geben zu können. Nur einige Hypothesen lassen sich aufzählen. Sie seien im Sinne einer gemeinsamen Suche nach Sicherung und Weiterentwicklung der Qualität des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts hier skizziert:

- Im naturwissenschaftlichen Unterricht wird in der Schweiz in allen Lehrplänen und von vielen Lehrerinnen und Lehrern Wert auf Problemlösen, Experimentieren und Selbstständigkeit der Schülerinnen und Schüler gelegt.
- In Schweizer Schulen darf grundsätzlich – in einem vernünftigen Rahmen – nicht nur der Stoff der vorangegangenen Wochen und Monate geprüft werden, sondern alles, was während der ganzen Schulzeit im betreffenden Fach vor der Prüfung erarbeitet worden ist.
- Die durchschnittliche Klassengröße liegt bei 20 Kindern oder Jugendlichen.
- Die Grundausbildung der Lehrkräfte findet an einer Institution statt, ist also nicht in eine erste und zweite Phase getrennt. Praxis und Theorie sind von Anfang an eng verzahnt.
- Die Lehrerfortbildung genießt einen sehr hohen Stellenwert. Sowohl die Bildungspolitik wie auch die einzelne Lehrkraft investieren viel Zeit und Geld in die Fortbildung, in freiwillige und obligatorische Kurz- und Langzeit-

kurse, in Bildungsurlauben und in Veranstaltungen schulhausinterner Fortbildung.

- Die Altersstruktur der Kollegien ist in den meisten Fällen gleichmäßig durchmischt: Langjährige Erfahrungen und unverbrauchte Ideen können sich gegenseitig befruchten.
- Lehrpläne und Aufsichtsbehörden lassen den Lehrerinnen und Lehrern große Freiräume, ihnen wird im Vergleich zu anderen Staaten viel Verantwortung und Autonomie in Bezug auf Stoffinhalte und Unterrichtsmethoden zugestanden. Die zahlreichen guten und engagierten Lehrkräfte, die es überall gibt – wie in jedem Land –, nutzen diese Freiräume, setzen innovative Ideen im eigenen Unterricht um, tragen diese in die Lehrerfortbildung und in die Lehrplanentwicklung und wirken so als Kristallisationskeime bei der Weiterentwicklung von Schule und Unterricht. Sie erfahren Selbstkompetenz und Anerkennung.

Literatur

- [1] Beaton, A. E. et al.: Achievement in the Middle School Years: IEA's Third International Mathematics and Science Study (TIMSS). TIMSS International Study Center, Boston College, Chestnut Hill, MA 02167, 1996. (s. a. <http://timss.bc.edu>)
- [2] Baumert, J.; Lehmann, R.: TIMSS. Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Deskriptive Befunde. Opladen: Leske + Budrich, 1997.
- [3] Harmon, M. et al.: Performance-Assessment in IEA's TIMSS. Bezug s. [1], 1997.

- [4] Mullis, I. V. et al.: Mathematics and Science Achievement in the Final Year of Secondary School: IEA's Third International Mathematics and Science Study (TIMSS). Bezug s. [1], 1998.
- [5] Moser, U.; Ramseier, E.; Keller, C.; Huber, M.: Schule auf dem Prüfstand. Eine Evaluation der Sekundarstufe I auf der Grundlage der „Third International Mathematics and Science Study (TIMSS)“. Chur: Rüegger, 1997.
- [6] Ramseier, E.; Keller, C.; Moser, U.: Bilanz Bildung. Eine Evaluation am Ende der Sekundarstufe II auf der Grundlage der „Third International Mathematics and Science Study (TIMSS)“. Chur: Rüegger, 1999.
- [7] Ramseier, E.: Leistungsprofil und Unterricht. Eine Analyse der schweizerischen Leistungen im naturwissenschaftlichen Test von TIMSS. In: Bildungsforschung und Bildungspraxis 20/1 (1998), S. 8–27.
- [8] Labudde, P.; Pfluger, D.: Physikunterricht in der Sekundarstufe II. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 2 (1999), S. 33–50.

Prof. Dr. Peter Labudde, geb. 1952, Physik-, Chemie- und Mathematiklehrer, seit 1988 als Dozent für Didaktik der Naturwissenschaften an der Universität Bern in der Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften tätig.

Universität Bern
Höheres Lehramt
Postfach
CH-3000 Bern 9
E-Mail: labudde@sis.unibe.ch

Leserbrief

Zum Beitrag von Otto Ernst Berge „Energierückgewinnung beim Bremsen“ (UP 10 (1999), Heft 51/52, S. 81–82, 85)

Mit Interesse habe ich Ihren Artikel gelesen. Zu Recht schreiben Sie, dass es in den Physiksammlungen der Schulen keine Motoren mit passenden Schwungrädern gibt.

Ich habe deshalb schon seit langem im Technikunterricht Spielzeugmotoren (für Gleichstrom) mit Schwungmassen ausgestattet, um so preiswerte Experimentiergeräte für Schülergruppenversuche zu diesem Thema zu bekommen.

Das Bild rechts sagt vielleicht mehr aus als eine ausführliche Beschreibung. Die Zahnräder (aus dem Technikunterricht) hatten bereits symmetrisch angebrachte Bohrungen, in die acht Schrauben (M4, 10 mm) als Schwungmasse eingesetzt wurden. Beim Rückspeisen leuchtet ein Lämpchen etwa 4 s lang auf.

Die Bremswirkung wird an der Restlaufzeit nach dem Abschalten der Spannung deutlich.

Alle Messergebnisse bei 5-V-Betriebsspannung:

Spielzeugmotor im Leerlauf ohne Schwungmasse: $I = 0,2 \text{ A}$

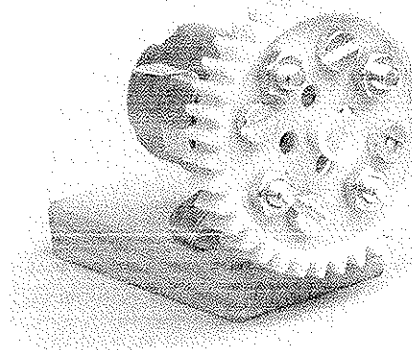
Restlaufzeit: 1–2 s.

Motor mit Schwungmasse ($m = 22 \text{ g}$) Anlaufstrom 1,4 A; Dauerlaststrom 1 A
Ausrollen statt Abbremsen:

Restlaufzeit: 9 s.

Bremsen durch Generatorwirkung (Rückspeisung: Lampe 7 V / 0,3 A):

Restlaufzeit: 6 s.



Spielzeugmotor mit Schwungmassen

Nottbremung durch Kurzschluss des Generators:

Restlaufzeit: 2

Bernd Heepma
Hohunderweg
32049 Herfo