

---

SSPMP – VSMP – SSIMF

Nr. 84

Okt. 2000

# Bulletin

Société Suisse des Professeurs de Mathématique et de Physique – Verein Schweizerischer  
Mathematik- und Physikleher – Società Sviezzera degli Insegnanti di Mathematica e Fisica

---

## Die Schweizer Physikresultate in TIMSS: Welche Folgerungen lassen sich ziehen?

*Peter Labudde, Universität Bern, Höheres Lehramt  
Libor Zalesak, Gymnasium Burgdorf*

Eine repräsentative Untersuchung wie die ‚Third International Mathematics and Science Study‘ (TIMSS) bietet die grosse Chance, Stärken und Entwicklungspotentiale eines Bildungssystems bzw. eines Faches — hier der Physikunterricht der Sekundarstufe II — genauer zu studieren. Wir sind überzeugt, dass eine detaillierte Analyse der TIMSS-Ergebnisse auf Schweizer Ebene für die weitere Verbesserung des Physikunterrichts mehr bringt als der einfache und plumpe Vergleich der Länder in der ‚Nationenwertung‘. Im vorliegenden Artikel konzentrieren wir uns deshalb auf einige wichtige Resultate der Sekundarstufe II, die uns für die weitere Entwicklung des Physikunterrichts in der Schweiz bedeutsam erscheinen. Wir stützen uns dabei auf internationale TIMSS-Publikationen (Mullis et al. 1998), Daten und Veröffentlichungen des Schweizer TIMSS-Projektteams (Moser et al. 1997, Ramseier et al. 1999) sowie auf weiterführende statistische Analysen, die wir in den letzten Monaten durchgeführt haben. Da einer von uns (P.L.) Mitglied des Schweizer TIMSS-Projektteams war, standen uns sämtliche Physikaufgaben und Einzeldaten zur Verfügung, auch diejenigen, die von der internationalen TIMSS-Leitung nicht für die Öffentlichkeit freigegeben sind. Einige Aufgaben sollen z.B. in späteren internationalen Studien wieder eingesetzt werden, um Vergleiche zwischen verschiedenen Schülergenerationen zu ermöglichen, und sind deshalb öffentlich nicht zugänglich.

In einem einleitenden Kapitel stellen wir TIMSS allgemein vor, indem wir häufig gestellte Fragen und Einwände zu TIMSS klären. Es folgt ein Kapitel zur leidigen ‚Nationenwertung‘, der sich Massenmedien und Bildungspolitik allzu gerne annehmen, um daraus vorschnell und undifferenziert Folgerungen abzuleiten. In weiteren ausführlichen Kapiteln stellen wir Entwicklungspotentiale dar, d.h. Bereiche, in denen noch ungenutzte Chancen zur Qualitätsentwicklung unseres Unterrichtsfaches liegen.

### Häufig gestellte Fragen und Einwände zu TIMSS

*Was ist TIMSS und welche Länder  
haben daran teilgenommen?*

TIMSS wurde von der ‚International Association for the Evaluation of Educational Achievement‘ organisiert. Es ist weltweit die umfangreichste Studie, die jemals im Bildungsbereich durchgeführt wurde. Dies gilt sowohl in Bezug auf die Anzahl beteiligter Länder, die Anzahl befragter Schülerinnen und Schüler als auch für die finanziellen Mittel. Gerade für den Naturwissenschafts- und Mathematikunterricht bedeutet dies eine Chance: detaillierte empirische Daten zu Schule und Unterricht können ein Beitrag zu Unterrichts- und Schulentwicklung liefern. TIMSS führte 1994-1995 die Haupterhebung bei 8-Jährigen, 13-Jährigen sowie am Ende der Sekundarstufe II durch. Insgesamt wurden weltweit über 500‘000 Schülerinnen und Schüler befragt. Die Schweiz nahm nur mit den zwei letzten Altersgruppen teil: bei den 13-Jährigen zusammen mit 45 anderen Ländern, bei den 18- bis 20-Jährigen zusammen mit 23 Ländern (in dieser Alterskohorte sind vor allem westeuropäische Länder, darunter alle Nachbarländer der Schweiz, einige osteuropäische Staaten, die USA sowie Kanada und Neuseeland vertreten).

*Sind die getesteten Jugendlichen überhaupt repräsentativ für die Schweiz?*

Die Frage muss eindeutig mit ‚ja‘ beantwortet werden. Nach allen Regeln der (statistischen) Kunst wurde in den beteiligten Ländern eine Zufallsstichprobe gezogen. In der Schweiz umfasst sie 6074 Schülerinnen und Schüler (Durchschnittsalter 19,5 Jahre) mit sechs verschiedenen Ausbildungsrichtungen: Maturtypus C, Maturtypen A/B/D/E, Seminar/kantonale Maturität, technische Spitzenberufe, kaufmännische Angestellte, sonstige Berufe (Ramseier et al. 1999, S. 36). Gemäss den internationalen TIMSS-Berichten zählt die Schweiz zu denjenigen Ländern, deren Stichprobe allen statistischen Anforderungen vorbehaltlos genügt (Mullis et al. 1998).

*Wie weit stimmen die in TIMSS gestellten Aufgaben mit unseren Lehrplänen überein?*

Es wurden — angepasst an die verschiedenen Ausbildungsrichtungen — drei unterschiedliche Tests eingesetzt: 1) Math.-nat. Grundbildung (Mathematics and Science Literacy), 2) Gymnasiale Physik (Advanced Physics), 3) Gymnasiale Mathematik (Advanced Mathematics). In jedem Land beurteilten Expertinnen und Experten, in der grossen Mehrzahl amtierende Lehrkräfte, ob die Testaufgaben den jeweiligen Lehrplänen entsprechen. In der Schweiz wurde die Übereinstimmung mit Ausnahme der Modernen Physik (siehe unten) als sehr gut eingestuft. Die Tests in Mathematik und Physik dürfen also als fair bezeichnet werden.

*TIMSS besteht aus Multiple Choice (MC) Aufgaben; etwas für die Schweiz Ungewohntes.*

Im Test ‚gymnasiale Physik‘ wurden 43 Multiple Choice Aufgaben, 15 Kurzantwort-Aufgaben und 8 Probleme, die eine ausführliche Antwort verlangten, eingesetzt. (Die Aufgaben waren auf vier Testhefte verteilt, so dass jede Person nur einen Teil der Aufgaben lösen musste – ähnlich wie bei der Bildung von einer A- und einer B-Gruppe bei Prüfungen.) Die Ergebnisse der Schweizer Jugendlichen zeigen in Bezug auf die Leistungen keinen Unterschied zwischen MC Aufgaben und anderen; erstere haben also keine zusätzliche Hürde dargestellt.

*Bei TIMSS wird ausschliesslich reines Faktenwissen getestet, nicht aber wirkliches Verstehen der Physik (Stettler im VSMP-Bulletin Nr. 79, 1999)*

In der Studie wurden die Anforderungen nicht nur nach math.-nat. Inhalten kategorisiert, sondern auch nach verschiedenen Leistungsanforderungen: einfaches Wissen (4 Aufgaben), komplexes Wissen (13), physikalische Gesetze anwenden (27), einen physikalischen Sachverhalt erklären (10), Daten interpretieren (7), Untersuchungen planen (3), Messwerte interpretieren (2). Mit dieser Kategorisierung dürften die TIMSS-Tests den Physikprüfungen in unseren Schulen oder auch den Prüfungen an der Eidgenössischen Matur oder ETH-Zürich weitgehend entsprechend. Bei den 13-Jährigen — leider nicht bei den 18- bis 20-Jährigen — wurde zudem in 19 Ländern ein Experimentiertest durchgeführt (s.u. ‚Wirkliches Verstehen‘), in dem die Kinder 12 verschiedene Experimente planen, durchführen, auswerten und erklären mussten (Reusser & Stebler 1999, Labudde & Stebler 1999). Die TIMS-Studie geht in ihren Anforderungen also weit über die Abfrage reinen Faktenwissens hinaus.

## Die Schweizer Resultate — besser als ihr Ruf in den Massenmedien

Leider wird TIMSS häufig nur auf das internationale Ranking reduziert. Unverantwortlich ist es, wenn die Nationenwertung dann noch oberflächlich und z.T. falsch interpretiert wird. Oder wenn einzelne, isolierte Resultate benutzt werden, um den Mathematik- und Physikunterricht auf polemische Weise zu diffamieren, so in der Zeitschrift Facts vom 22. April 1999 mit der Front-Schlagzeile „Nieder mit der Mathematik: überbewertet, unbeliebt und unnütz“.

Tatsache ist, dass die Schweizer Absolventinnen und Absolventen der SII in Mathematik und Naturwissenschaft weltweit betrachtet gut abschneiden. Der internationale Schlussbericht, welcher von einer neutralen internationalen Kommission verfasst wurde, hält in Bezug auf die math.-nat. Grundbildung fest: „*The Netherlands and Sweden were the top-performing countries. Iceland, Norway, and Switzerland also performed well.*“ (Mullis et al. 1998, S. 3). Das Schweizer Projektteam kommt zum Schluss: „*Unter Berücksichtigung aller Vergleiche auf der Sekundarstufe II schneidet die Schweiz im internationalen Vergleich gut ab. [Bei diesen Vergleichen] sind ihre Ergebnisse in Physik und allgemein in den Naturwissenschaften etwas schwächer als in Mathematik.*“ (Ramseier et al. 1999, S. 157)

### Die Schweiz im internationalen Vergleich (Ende der Sekundarstufe II)

*'Mathematisch-naturwissenschaftliche Grundbildung'*: In diesem Test belegt die Schweiz den 5. Platz von 21 Ländern. Nur die Niederlande und Schweden weisen bessere Resultate auf, die auch statistisch gesehen signifikant höher liegen. Zehn Länder, darunter Frankreich, Deutschland, Italien, USA, Russland und z.T. Österreich, weisen signifikant schlechtere Ergebnisse als die Schweiz auf. (Mullis et al. 1998, S. 33, 40)

*'Gymnasiale Mathematik'*: Die Schweiz belegt von 16 Ländern den 3. Platz. Der Unterschied zum vordersten Land, Frankreich, ist signifikant, nicht hingegen der Unterschied zum zweitplatzierten Russland. Gegenüber neun Ländern ist die Schweiz signifikant besser, darunter Deutschland, Österreich, Italien, Schweden, Slowenien, USA (dito, S. 129). Das Ergebnis ändert sich nicht wesentlich, wenn nur die jeweils besten 5% Schülerinnen und Schüler der verschiedenen Ländern miteinander verglichen werden (dito, S. 139). In der Schweiz gehören hauptsächlich C-Maturandinnen und Maturanden zu diesen ‚Top 5 Percent‘.

*'Gymnasiale Physik'*: Bei 16 Ländern liegt die Schweiz auf dem 9. Platz. Die Schweizer Leistungen liegen signifikant unter denjenigen von Norwegen, Schweden, Russland, Dänemark und Australien, aber signifikant über denjenigen von Frankreich, Tschechische Republik, Österreich und USA (dito, S. 189). Werden auch hier nur die ‚Top 5 Percent‘ genommen, liegt die Schweiz auf dem 5. Platz, signifikant schlechter nur noch gegenüber Slowenien, Schweden und Norwegen. Zwischen Deutschland, Österreich und der Schweiz bestehen bei den ‚Top 5 Percent‘ keine signifikanten Unterschiede (dito, S. 195).

Folgende weitere Einzelresultate erscheinen uns besonders bemerkenswert:

- In Mathematik schneiden die schweizerischen (und auch die französischen) SII-Absolventinnen und –Absolventen deutlich besser ab als in Physik. In zwei anderen Ländern, Slowenien und Schweden, ist es genau umgekehrt: sehr gute Resultate in Physik, mittelmässige bis schlechte in Mathematik. Der Stellenwert der beiden Fächer scheint in verschiedenen Ländern sehr unterschiedlich zu sein (s.u. ‚Höhere Stundendotation‘).
- Die ausgezeichneten Physik-Resultate von Schweden und Slowenien, die jeweils von einer erstaunlich grossen Gruppe von Jugendlichen erzielt wurden, zeigen, „dass eine breite Schülerschaft eine qualitativ hochstehende Ausbildung in Physik erreichen kann.“ (Ramseier et al. 1999, S. 147) Physik also nicht nur etwas für Hochbegabte!

- In den meisten Ländern, auch in der Schweiz, sind die Leistungen je nach Teilgebiet der Physik recht unterschiedlich; es gibt also je nach Land unterschiedliche Gewichtungen innerhalb der Physik (s.u. ‚Moderne Physik‘).
- Schweizer Lehrlinge aus technischen Spitzenberufen (u.a. Audio-Video-Elektroniker/in, Elektroniker/in, Chemie-, Physik- und Medizinische(r) Laborant/in), die eine Berufsmaturitätsschule besuchen, erreichen im Test ‚Math.-nat. Grundbildung‘ ein Leistungsniveau, das sonst nur C-Maturandinnen und –Maturanden erzielen. Sie werden allerdings anders als am Gymnasium ausgebildet, so dass auf einen Einbezug in die gymnasialen Tests verzichtet wurde (Ramseier et al. 1999, S. 77).

Deutschland und Österreich erzielten in der TIMS-Studie Resultate, die deutlich unter den eigenen Erwartungen lagen. TIMSS hat damit in beiden Staaten, ganz im Gegensatz zur Schweiz, in Politik und Öffentlichkeit einen riesigen Wirbel ausgelöst (siehe z.B. Duit 1999, Labudde 1999a): Es wurden und werden in beiden Ländern zweistellige Millionenbeträge (umgerechnet in Schweizer Franken) bereit gestellt für Schul- und Unterrichtsversuche, für die Aus- und Weiterbildung von math.-nat. Lehrkräften. In Deutschland heisst das entsprechende Programm ‚Modellversuch zur Steigerung der Effizienz im math.-nat. Unterricht‘ (Prenzel & Duit 1999), in Österreich ‚Innovations in Math and Science Teaching‘. Beide Länder suchen nach Impulsen u.a. in der Schweiz, die sie in Bezug auf den Mathematik- und Physikunterricht als besser als das eigene Land einstufen. Diese Beurteilung stimmt für die Alterstufe der 13-Jährigen, hier besonders in Mathematik, etwas weniger in den Naturwissenschaften (Moser et al. 1997). Die Beurteilung ist auch richtig für die ‚Math.-nat. Grundbildung‘ und die ‚Gymnasiale Mathematik‘ am Ende der SII. Hingegen stimmt die Einschätzung nicht in Bezug auf die Physik am Ende der SII: Deutschland, Österreich und die Schweiz zeigen bei den ‚Top 5 Percent‘ identische Leistungsniveaus. Aus Schweizer Sicht ist es bedauerlich, dass TIMSS bei uns fast keine Reaktionen ausgelöst hat. Die verantwortlichen Kreise (Lehrkräfte, Berufsverbände, Bildungspolitik) geben sich mit den relativ guten TIMSS-Resultaten zufrieden. Daher sind bei uns auch weder Schulversuche geplant, noch werden finanzielle Mittel zur Förderung der math.-nat. Bildung bereitgestellt. Dabei gäbe es zahlreiche Entwicklungsmöglichkeiten für den Physikunterricht, wie die folgenden Kapitel illustrieren mögen.

## 1. Entwicklungspotential ‚Frauengerechter Physikunterricht‘

Zwar weisen in fast allen beteiligten Ländern Frauen gegenüber Männern signifikant schlechtere Resultate in Mathematik und vor allem in Physik auf, dies sowohl bei den 13- wie auch bei den 18- bis 20-Jährigen (Beaton et al. 1996, Mullis et al. 1998). Aber in kaum einem anderen Land ist der Unterschied im Test ‚Gymnasiale Physik‘ so gross wie in der Schweiz. Unser Land belegt hier zusammen mit der Tschechischen Republik den Spitzenplatz (Abb. 1).

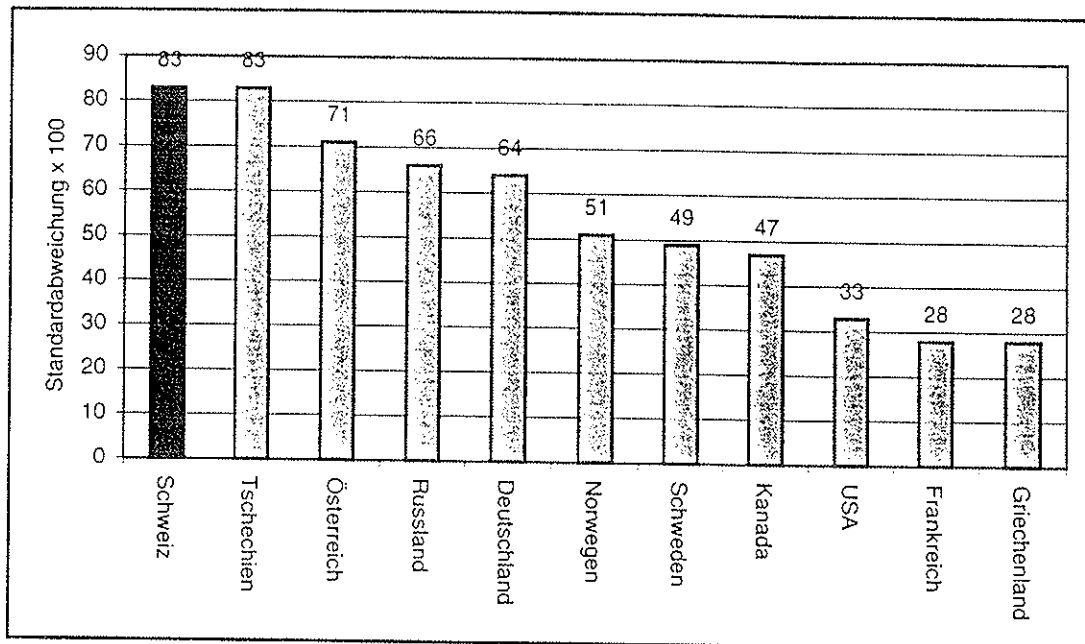


Abb. 1: Leistungsdifferenz zwischen Frauen und Männern im TIMSS-Physiktest

Die markanten geschlechtsspezifischen Unterschiede zeigen sich bei jedem Teilgebiet der Physik, so auch in der Wärmelehre, in der die Schweizer Jugendlichen im internationalen Vergleich besonders gut abschnitten. Geprüft wurden hier folgende Inhalte: Schmelzen und Erstarren, Verdampfen und Kondensieren, Mischungsversuche, Anomalie des Wassers, Wärmetransport, Gasgleichung und Moleküle, Temperatur und Molekülbewegung. Abb. 2 zeigt für die neun Aufgaben der Wärmelehre die Häufigkeit richtiger Antworten, je getrennt nach Frauen und Männern (MC: Multiple Choice, KA: Kurzantwort-Aufgabe).

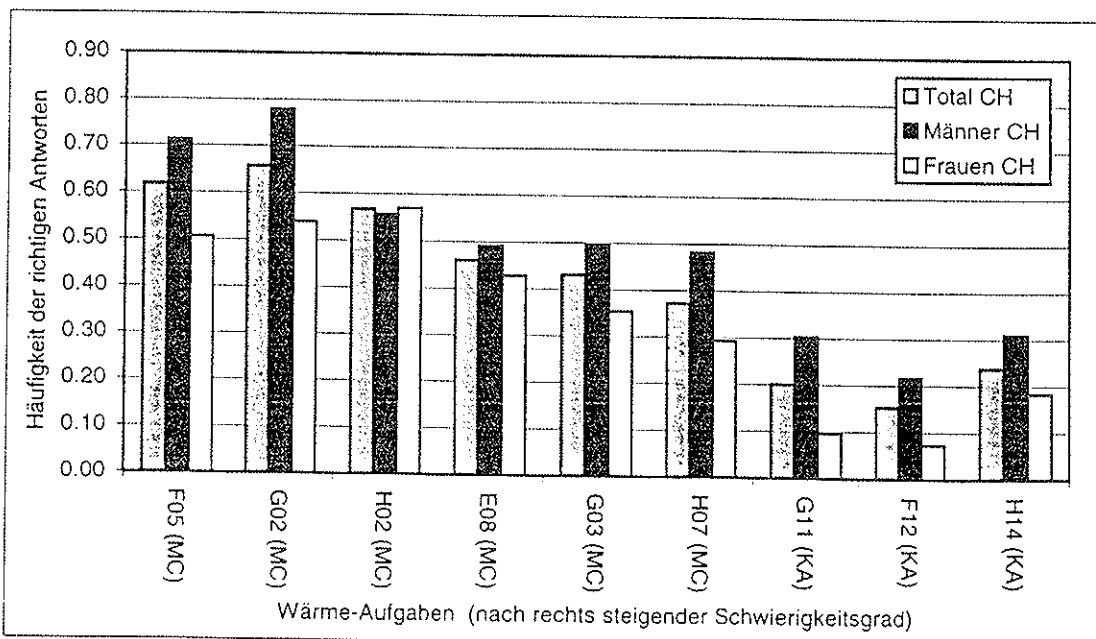


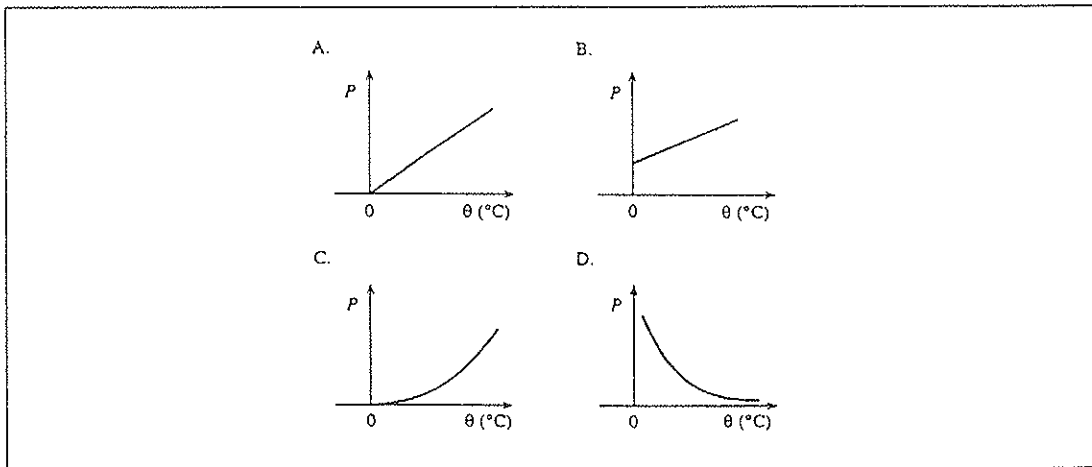
Abb. 2: Relative Häufigkeit richtiger Antworten von Frauen und Männern in Wärmelehre

Zwei konkrete TIMSS-Aufgaben verdeutlichen die geschlechtsspezifischen Unterschiede:

*Der Wasserstand in einem kleinen Aquarium reicht bis zur Marke A. Nachdem ein grosser Eiswürfel ins Wasser gefallen ist, schwimmt der Eiswürfel und der Wasserstand steigt bis zu einer neuen Marke B. Was geschieht mit dem Wasserstand, wenn der Eiswürfel schmilzt? Erläutern Sie Ihre Überlegungen. (Aufgabe G11)*

30% der jungen Männer beantworten die obige Aufgabe richtig, aber nur 10% der jungen Frauen. In der Schweiz wird damit von 20,1% der Jugendlichen die Frage korrekt gelöst, der internationale Mittelwert liegt bei 13,4%.

*Eine bestimmte Gasmasse wird bei konstantem Volumen erhitzt. Welches der folgenden Druck ( $p$ ) – Temperatur ( $\theta$ ) – Diagramme trifft am besten zu? Die Temperatur wird in Grad Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) gemessen. (Aufgabe H7)*



48% der Männer, 29% der Frauen kreuzen die richtige Lösung B an. Gesamthaft sind es in der Schweiz 37,3% richtige Antworten, international 39,9%. In der Schweiz wurde von 35,3% die falsche Antwort C angekreuzt (international 25,7%).

Die geschlechtsspezifischen Unterschiede einerseits, die in der Schweiz so besonders ausgeprägt sind, und andererseits die sehr viel schwächeren Leistungen der Schweizer Frauen auch gegenüber dem internationalen Frauendurchschnitt (siehe Abb. 3) stellen für uns Physiklehrkräfte eine grosse Herausforderung dar. An unser Gewissen appelliert: Ist es nicht unsere moralische Pflicht — eine Verpflichtung sowohl gegenüber unserem Fach wie auch gegenüber jungen Frauen —, Physik derart zu unterrichten, dass wir mehr Schülerinnen damit ansprechen? Oder mit dem Finger gedroht: Wie werden zukünftige Entscheidungsträgerinnen, und da wird es langfristig gesehen mehr Frauen als bisher geben, z.B. eine Juristin als Erziehungsdirektorin oder eine Kauffrau als Schulkommissionspräsidentin, über Physik denken und entscheiden? Dass es viele Möglichkeiten gibt, den Physikunterricht frauengerechter zu gestalten, zeigen die TIMSS-Resultate anderer Länder oder auch Unterrichtsversuche in der Schweiz (Herzog et al. 1999). So sind für Mädchen und junge Frauen besonders wichtig: Anknüpfen an die individuellen Vorerfahrungen, Kontextbezug, Verbindungen zwischen Alltags- und Fachsprache, Kommunikation und Kooperation im Unterricht, Förderung des Selbstvertrauens in Physik, Identifikationsmöglichkeiten (Labudde 1999b).

## 2. Entwicklungspotential 'Wirkliches Verstehen'

Bei der Entwicklung des Physiktests wurde darauf geachtet, die Aufgaben einerseits entsprechend den physikalischen Teilgebieten und andererseits auch nach verschiedenen Leistungskategorien zu konstruieren (s.o. die zuletzt aufgeführte Frage zu TIMSS). In Abb. 3

sind für die sieben Kategorien die Abweichungen der Schweizer Resultate vom internationalen Durchschnitt der Frauen und Männer dargestellt. In der Kategorie ‚Physikalische Gesetze anwenden‘ liegen die Männer 17% und die Frauen 27% unter dem internationalen Durchschnitt. Die Daten beziehen sich auf die gesamte Stichprobe des Tests ‚Gymnasiale Physik‘, in welchem die Schweiz den 9. von 16 Plätzen belegt.

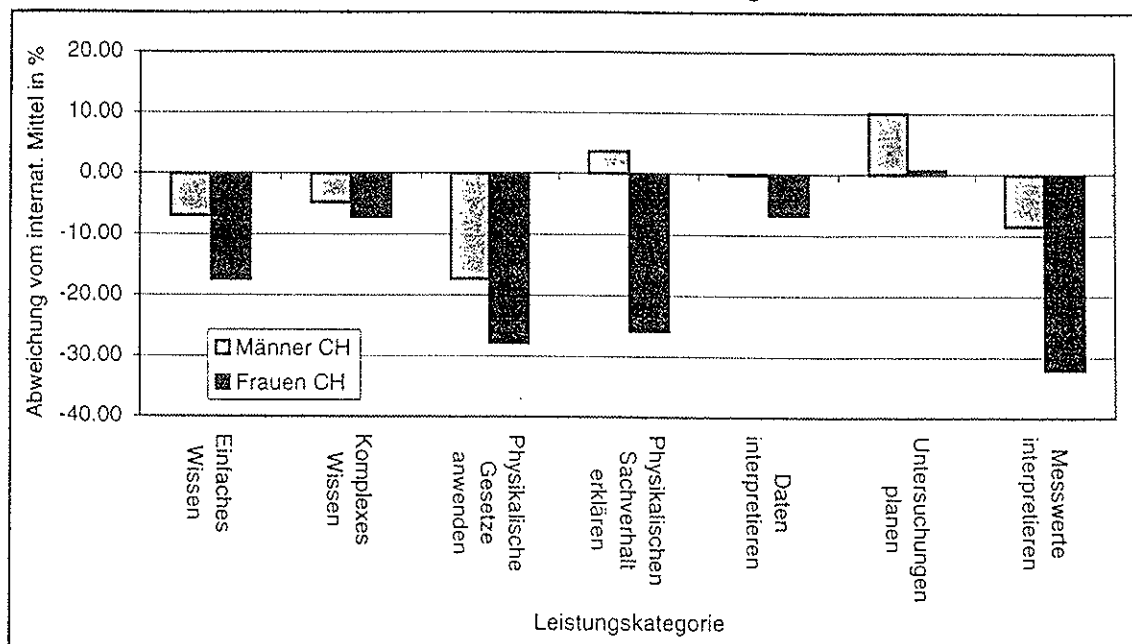


Abb. 3: Relative Abweichung der Schweizer Männer und Frauen vom jeweiligen internationalen Mittelwert

Nach den Ausführungen im vorgehenden Kapitel ‚Frauengerechter Physikunterricht‘ erstaunt es nicht, dass die Schülerinnen im internationalen Quervergleich durchgehend schlechter abschneiden als die Schüler.

Was fällt in den einzelnen Leistungskategorien auf? Bei der Wiedergabe von einfachem und komplexem Wissen (getestet in 4 bzw. 13 Aufgaben), das in vielen Fällen auswendig gelernt und unverstanden reproduziert werden kann, sind die Unterschiede zum internationalen Durchschnitt nicht allzu gross. Die Werte betragen  $-5\%$ , zweimal  $-7\%$  und einmal  $-17\%$  (‚Einfaches Wissen‘, Frauen). Deutlich schlechter fällt das Ergebnis in derjenigen Kategorie aus, der die meisten Aufgaben, 27 von 66, zugeordnet sind: Bei ‚Physikalische Gesetze anwenden‘ liegen die jungen Männer 17%, die Frauen 28% unter dem internationalen Schnitt ihres Geschlechts. Die Schweizer Frauen schneiden ebenfalls schlecht in den Kategorien ‚Physikalischen Sachverhalt erklären‘ (10 Aufgaben) sowie ‚Messwerte interpretieren‘ (2) ab. Wir stellen daher die Frage: Wie viele der Schweizer Jugendlichen, und hier vor allem die jungen Frauen, lernen Physik unverstanden auswendig? Wie weit werden physikalische Begriffe und Zusammenhänge wirklich verstanden, so dass sie in verschiedensten, auch neuen Situationen angewendet werden können?

In diesem Zusammenhang ist der TIMSS-Experimentiertest für 13-Jährige zu erwähnen: Die Schweizer Kinder zeigten hervorragende Resultate, sie belegten nach Singapur den 2. Platz von 19 Ländern; die Mädchen schnitten genau gleich gut ab wie die Knaben (Reusser & Stebler 1999; Labudde & Stebler 1999). Wird dieses Potential auf der Sekundarstufe II noch genügend genutzt? Könnte nicht der vermehrte Einsatz von Schülerexperimenten, in denen es um das Anwenden physikalischer Gesetze oder um die Erklärung physikalischer Sachverhalte geht, zu einem besseren Verstehen der Physik und zu einem frauengerechteren Physikunterricht führen?

### 3. Entwicklungspotential 'Moderne Physik'

In den verschiedenen Teilgebieten der Physik schneiden die Schweizer Maturandinnen und Maturanden unterschiedlich ab. In der Wärmelehre liegen sie deutlich über dem internationalen Durchschnitt, und zwar gilt das sowohl für den Typus C wie auch für alle anderen Maturtypen. Ebenfalls über dem internationalen Schnitt sind die Ergebnisse in der Wellenlehre. Unterdurchschnittliche Leistungen zeigen die schweizerischen Jugendlichen in Mechanik, Elektrizitätslehre und Moderner Physik (Ramseier et al., S. 198). Besonders nachdenklich stimmen die Ergebnisse in der Modernen Physik: In den 14 TIMSS-Aufgaben wurden folgende Inhalte geprüft: fotoelektrischer Effekt, Erzeugung von Röntgenstrahlen, De-Broglie-Wellenlänge,  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlung, Halbwertszeit,  $\alpha$ - und  $\beta$ -Zerfall,  $\alpha$ - und  $\beta$ -Absorption, Rutherford'scher Streuversuch, Kernfusion/Innere Prozesse in Sternen, Relativitätstheorie/Längenkontraktion. Anlass zur Besorgnis geben folgende Tatsachen: Gemäss Befragung von Schweizer Expertinnen und Experten beträgt im Bereich Moderne Physik die Übereinstimmung von TIMSS-Test und Maturitätsstoff aller Maturtypen nur 34%, d.h. die in TIMSS geprüften Inhalte werden mehrheitlich nicht an Schweizer Maturitätsschulen erarbeitet. Der Grossteil unserer Maturandinnen und Maturanden erfährt also nur wenig über zentrale Inhalte der Physik, die unsere Lebenswelt massgeblich mitprägen, z.B. in der Medizin oder in der Diskussion zur Atomenergie.

Es erstaunt daher auch nicht, dass die Schweizer Jugendlichen bei fast allen Aufgaben zur Modernen Physik unter dem internationalen Durchschnitt liegen. Abb. 4 zeigt für jede Aufgabe die Anzahl richtiger Antworten: für die Schweiz, international sowie für Deutschland. Es fällt auf, dass die deutschen Jugendlichen hier recht gute Resultate erbringen, ein Zeichen für andere Lehrpläne mit einer stärkeren Gewichtung der Modernen Physik.

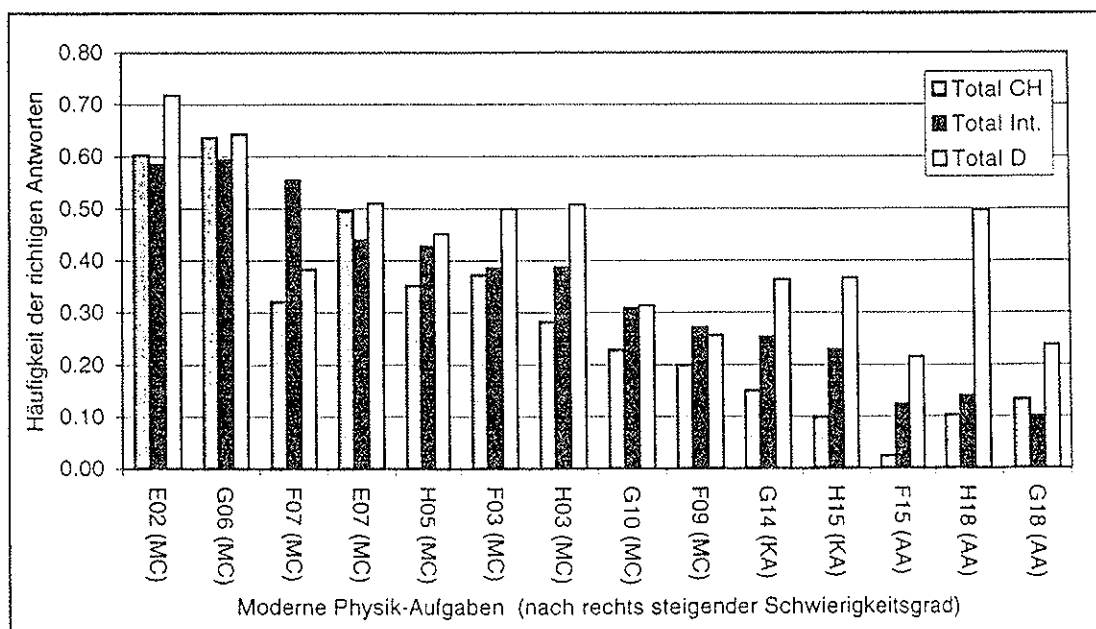


Abb. 4: Anzahl richtiger Antworten in den Aufgaben zur Modernen Physik

Drei Aufgabenbeispiele mögen die Situation veranschaulichen:

Zwischen zwei parallelen Metallplatten, an die eine hohe Spannung angelegt ist und die sich im Vakuum befinden, werden Alpha-Teilchen, Elektronen und Gamma-Strahlen eingestrahlt. Zeichnen Sie deren Bahnen zwischen den beiden Platten. (Aufgabe G11)

15% der Schweizer Jugendlichen beantworteten die obige Frage richtig (23% der jungen Männer, nur 6% der Frauen!), international 25% richtige Antworten (M 30%, F 18%), Deutschland 36% (M 45%, F 15%), zum Vergleich Norwegen 57%, Schweden 34%.

*Eine Raumfähre fliegt an einem Beobachter mit der Geschwindigkeit  $0,9 c$  vorbei. Der Beobachter weiss, dass die Länge der Raumfähre, gemessen im Ruhezustand vor dem Start, 100 m betrug. Welche Länge sieht der Beobachter, wenn die Raumfähre an ihm vorbeifliegt? (Aufgabe H5)*

A. 19m      B. 44m      C. 229m      D. 526m

Die Anzahl richtiger Antworten (Antwort B) beträgt in der Schweiz 35% (M 45%, F 28%), International 43% (M 43%, F 43%), Deutschland 45% (M 44%, F 47%); Norwegen 67%, Schweden 73%.

*Berechnen Sie die De-Broglie-Wellenlänge eines Elektrons, das eine Geschwindigkeit von  $7,5 \times 10^6 \text{ ms}^{-1}$  aufweist. Zeigen Sie Ihren Arbeitsweg auf. (H15)*

Diese einfache, aber ‚trockene‘ Berechnung, die in vielen Ländern zu den Standardaufgaben zählt, wurde in der Schweiz von 10% der Jugendlichen richtig gelöst (M 12%, F 8%); International 23% (M 24%, F 22%), Deutschland 37% (M 34%, F 44%), Norwegen 73%, Schweden 55%.

Die Moderne Physik scheint in den Schweizer Lehrplänen wie auch im täglichen Physikunterricht nur eine marginale Rolle zu spielen. Wir halten es daher für notwendig, eine grundlegende Diskussion zu den Inhalten des Physikunterrichts zu führen. Andere Länder, wie Norwegen, Schweden, Deutschland, Russland oder Australien, setzen die inhaltlichen Akzente deutlich anders als die Schweiz.

#### 4. Entwicklungspotential ‘Höhere Stundendotation’

Die Schweiz weist sowohl auf der Sekundarstufe I wie auch auf der Sekundarstufe II eine Stundendotation in Mathematik auf, die deutlich über dem internationalen Durchschnitt liegt. Umgekehrt liegt die Stundendotation in den Naturwissenschaften unter dem weltweiten Mittelwert. Es erstaunt daher nicht, dass die Schweiz in Mathematik bei internationalen Vergleichsuntersuchungen stets sehr gut abschneidet, hingegen in den Naturwissenschaften nur mittelmässig bis gut. Für die Sekundarstufe I wurde in TIMSS eine hohe Korrelation zwischen Unterrichtszeit und Leistungsvermögen festgestellt (Moser et al. 1997).

Ein drastisches Beispiel aus dem deutschen Sprachraum mag die Situation veranschaulichen: Wie viele Physikstunden werden während der obligatorischen Schulzeit mindestens besucht a) im besten Fall, b) im schlechtesten Fall? a) Im Bundesland Sachsen sieht der Lehrplan während der zehnjährigen obligatorischen Schulzeit insgesamt 11 Jahresstunden Physik vor, b) im Kanton Aargau sind es während neun Jahren 2 Jahresstunden, d.h. in einem Schuljahr finden während ca. 38 Schulwochen je zwei Lektionen Physik statt: physikalische Bildung für das Leben während  $2 \times 38 \times 45$  Minuten, entsprechend 57 Stunden!?

Wir halten es für wichtig, dass der Stellenwert und die Stundendotation der Naturwissenschaften, insbesondere auch der Physik, intensiv und breit diskutiert wird. Unter anderem ist auch innerhalb des Schwerpunktfachs ‚Physik und Anwendungen der Mathematik‘ der Stellenwert der Physik zu klären: das neue Schwerpunktfach darf nicht zu einer unreflektierten Weiterführung des alten Schulfachs ‚Anwendungen der Mathematik‘ verkommen. Wenn der Zürcher Bildungsdirektor im Juni 2000 öffentlich einen Ausbau der naturwissenschaftlich-technischen Bildung verlangt, können wir ihm in diesem Punkt nur zustimmen.

## Chancen und Probleme internationaler Vergleichsuntersuchungen

Eine repräsentative Untersuchung wie TIMSS erlaubt es, Stärken und Entwicklungspotentiale in einem Land bzw. in einem Unterrichtsfach auf gesicherten empirischen Daten zu diskutieren. Damit bietet sich die grosse Chance, miteinander die Qualität des Physikunterrichts weiter zu entwickeln. Dieser Vorteil überwiegt unserer Meinung nach die Nachteile, die z.T. befürchtet werden: Ausrichtung des Physikunterrichts an internationalen Tests und damit vermehrte Reglementierung und Standardisierung des Unterrichts; eine weitere Zunahme unverstandener Physik statt Förderung des Verstehens (Stettler 1999); Ausbreitung einer Multiple Choice Kultur. Es liegt an uns, sich gegen derartige Tendenzen zu wehren. Bisher hat TIMSS gottseidank keine Reaktionen ausgelöst, die zu den erwähnten Befürchtungen Anlass geben könnten.

An dieser Stelle sei allen Lehrkräften und Schulleitungen herzlich gedankt, die TIMSS und andere empirische Untersuchungen in der einen oder anderen Form unterstützt haben! Für die Weiterentwicklung des Unterrichts brauchen wir — in komplementärer Ergänzung zum Engagement und zu den Ideen der Lehrkräfte — empirische Untersuchungen mit fachdidaktischen und erziehungswissenschaftlichen Fragestellungen, denn: (Unterrichts-) Praxis ohne (fachdidaktische) Theorie ist blind, Theorie ohne Praxis hohl.

In diesem Artikel wurden einige Entwicklungspotentiale aufgezählt, die zu diskutieren und in die tägliche Unterrichtspraxis umzusetzen sind. Aus der TIMS-Studie, insbesondere aus einer weiteren Vertiefungsstudie zum Physikunterricht, über die wir an anderer Stelle berichtet haben (Labudde 2000; Labudde & Pfluger 1999), lassen sich noch weitere Stärken und Entwicklungspotentiale für den Physikunterricht ableiten. Genannt seien die Intergration des Vorwissens der Lernenden oder die Kommunikation und Kooperation zwischen ihnen.

Wir hoffen, dass dieser Artikel bei Lehrkräften und insbesondere auch im Verein Schweizerischer Mathematik- und Physiklehrer (VSMP) Diskussionen auslöst. Wir alle sind gefordert. Zur weiteren Verbesserung des Physikunterrichts gibt es viele Wege, die wir beschreiten können: Der Innovationsgeist vieler Lehrkräfte, der Reichtum der Physik, die relative Freiheit in den Lehrplänen sowie die potentielle Begeisterungsfähigkeit der Lernenden und Lehrenden machen hier Mut.

## Literatur

- Beaton, A.E., et al. (1996): Achievement in the Middle School Years: IEA's Third International Mathematics and Science Study (TIMSS). Chestnut Hill, MA: TIMSS International Study Center, Boston College (<http://timss.bc.edu>).
- Duit, R. (Hrsg., 1999): TIMSS - Anregungen für einen effektiveren Unterricht? In: Naturwissenschaften im Unterricht - Physik, 10/54.
- Herzog, W.; Neuenschwander, M.; Violi, E.; Labudde, P.; Gerber, C. (1999): Mädchen und Jungen im koedukativen Physikunterricht. In: Bildungsforschung + Bildungspraxis 21/1, S. 99-124
- Labudde, P. (1999a): Reaktionen auf TIMSS in der Schweiz. In: Naturwissenschaften im Unterricht - Physik, 10/54, S. 46-48
- Labudde, P. (1999b): Mädchen und Jungen auf dem Weg zur Physik - Reflexive Koedukation im Physikunterricht. In: Labudde, P. (Hrsg.): Mädchen und Jungen im Physikunterricht. Naturwissenschaften im Unterricht - Physik, 10/49, S. 4-10.
- Labudde, P. (2000): Konstruktivismus im Physikunterricht der Sekundarstufe II. Bern: Paul Haupt Verlag.
- Labudde, P.; Pfluger, D. (1999): Physikunterricht in der Sekundarstufe II. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 5/2, S. 33-50.
- Labudde, P.; Stebler, R. (1999): Lern- und Prüfungsaufgaben für den Physikunterricht - Erträge aus dem TIMSS-Experimentiertest. In: Naturwissenschaften im Unterricht - Physik, 10/54, S. 23-31.
- Moser, U.; Ramseier, E.; Keller, C.; Huber, M. (1997): Schule auf dem Prüfstand - Eine Evaluation der Sekundarstufe I auf der Grundlage der 'Third International Mathematics and Science Study'. Chur: Rüegger.

- Mullis, I.V., et al. (1998): Mathematics and Science Achievement in the Final Year of Secondary School: IEA's Third International Mathematics and Science Study (TIMSS). Chestnut Hill, MA: TIMSS International Study Center, Boston College.
- Prenzel, M.; Duit, R. (1999): Ansatzpunkte für einen besseren Unterricht - Der BLK-Modellversuch. In: Naturwissenschaften im Unterricht - Physik, 10/54, S. 32-37
- 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 (TIMSS)'. Chur: Rüegger.
- Reusser, K.; Stebler, R. (1999): Authentizität bei der Beurteilung von Fachleistungen und Lernkompetenzen. In: Beiträge zur Lehrerbildung 17/1, S. 10-23.
- Stettler, P. (1999): Im Namen des Fortschritts: Rückwärts Marsch! Kritische Bemerkungen zur TIMSS-Erhebung. In: VSMP-Bulletin 79, S. 34-35.

### **Adressen der Autoren**

Prof. Dr. Peter Labudde, Höheres Lehramt, Postfach, 3000 Bern 9  
Tel. 031 - 631 46 09, E-Mail: labudde@sis.unibe.ch  
Libor Zalesak, Physiker und Gymnasiallehrer, Burgernzielweg 12, 3006 Bern  
Tel. 031 - 351 86 23, E-Mail: libor.zalesak@freesurf.ch