

# TIMSS 3 - nicht nur für Maturanten

Helmut Kühnelt

Die Organisation der dritten Studie über Schulleistungen in Mathematik und Naturwissenschaften TIMSS und die Ergebnisse für die 13-14-Jährigen, die sog. Population 2, wurden in PLUS LUCIS 1/2000 beschrieben.

Nach der Euphorie über die Ergebnisse der TIMSS2 im Februar 1997 folgte die Ernüchterung 1998, als die TIMSS-Ergebnisse für die 18-Jährigen bekannt wurden. In der sog. Population 3 wurden im Mai 1995 drei verschiedene Tests durchgeführt:

- Der Test Mathematisches und naturwissenschaftliches Allgemeinwissen betraf alle Schüler, die sich in Abschlußklassen der Oberstufe befanden. Dazu wurden neben Schülern aus AHS, BHS und BMS die Berufsschüler gezählt, die über 50% der Probanden stellten. Probandenzahl rd. 2500.
- Der Test Fachwissen Physik sollte die Kenntnisse jener Schüler erheben, die in der Oberstufe ihre Physikkenntnisse vertieft haben. Während dies in vielen anderen Ländern auf Grund von Wahlmöglichkeiten nur eine Minderheit von Schülern betrifft (z.B. in Norwegen nur 8%), so wurden in Österreich alle Zweige der AHS und der BHS als relevant angesehen, so dass eine Stichprobe von rd. 800 Maturanten repräsentativ für 33% des Jahrgangs an dem Test teilnahm.
- Der Test Fachwissen Mathematik.

Die asiatischen Länder nahmen im Gegensatz zu TIMSS2, wo sie die Spitzenränge füllten, an TIMSS3 nicht teil.

Im Test Allgemeinwissen fanden sich Österreichs Schüler im internationalen Vergleich auf Platz 10 von 21 und waren damit im Vergleich zu den 13-14-Jährigen etwas zurückgefallen, bei den Fachwissenstests fanden sie sich jedoch zusammen mit den Schülern aus USA an den letzten Rängen. Wegen des im Vergleich großen Ausschöpfungsgrades der Population mag der internationale Vergleich unfair erscheinen. Betrachtet man beispielsweise nur die jeweils leistungsstärksten 5% der Probanden, dann liegen die österreichischen Schüler auch im Fachwissenstest Physik in einem breiten Mittelfeld, dem ein deutlich abgesetztes Spitzenfeld aus Slowenien, Schweden und Norwegen gegenübersteht.

Gemessen nicht nur an TIMSS, sondern an den Zielen und Inhalten der Fachlehrpläne der Höheren Schulen ist das Abschneiden der Maturantinnen und Maturanten allerdings unbefriedigend.

Alarmiert durch das schlechte Ergebnis unterstützte das Unterrichtsministerium eine einjährige Zusatzuntersuchung IMST (Innovation in Mathematics and Science Teaching) zur Analyse der Ergebnisse und zur Erarbeitung von Maßnahmen zur Steigerung des Unterrichtsertrags in Mathematik und Naturwissenschaften. Koordiniert von Konrad Krainer (IFF Klagenfurt) wurden in den Teilprojekten Mathematik (Leiter M. Kronfellner), Naturwissenschaften (Leiter H. Kühnelt) und Geschlechterproblematik (H. Jungwirth und H. Stadler) von Didaktikern und kooperierenden Lehrerinnen und Lehrern sechs Punkte bearbeitet:

1. Vergleich der Testitems mit den Lehrplänen. Es wurde eine weitgehende Abdeckung der Testinhalte mit den Lehrplänen der AHS gefunden, im BMHS-Bereich ist auf Grund der oft geringen Stundendotierungen des Physikunterrichts und wegen des Rahmencharakters der Lehrpläne die Abdeckung reduziert.
2. Detailanalyse der TIMSS-Ergebnisse. Um Stärken und Schwächen der österreichischen Schülerinnen und Schüler herauszufinden, wurden alle Items analysiert und die Antworten ausgewertet. Großes Augenmerk wurde auch dem Antwortverhalten der Mädchen geschenkt, die signifikant schlechtere Ergebnisse brachten.
3. Erarbeitung von Vorschlägen für den Einsatz der freigegebenen TIMSS-Items zur Selbstevaluation von Unterricht durch Lehrer.
4. Dokumentation von beispielhaften Innovationen im Unterricht anderer Länder
5. Erhebung des Ist-Zustands des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts. Sowohl in zwei Seminaren mit den AG-Leitern als auch durch schriftliche Äußerung weiterer Experten wurde eine Bestandsaufnahme von Stärken und Schwächen des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts (mnU) durchgeführt. Als Hauptprobleme werden der geringe Stellenwert des mnU und das rasche Vergessen nach Prüfungen angesehen.
6. Erarbeitung von Vorschlägen zur Steigerung der Effizienz des mnU. Diese Vorschläge (Überlegungen betreffend zu erwartende Kenntnisse und Fähigkeiten von Maturanten, Pflege guter Praxis, mädchengerechter Unterricht, Verstärkung des Kontakts Fachdidaktik-Schule) werden voraussichtlich in einem Nachfolgeprojekt IMST2 ab Herbst 2000 vertieft und in die Praxis umgesetzt.

Die Studie wurde im Dezember 1999 abgeschlossen. Sie hat einen Umfang von über 200 Seiten und kann unter <http://www.uni-klu.ac.at/iff/imst> gelesen werden.

Im folgenden sollen die Hauptergebnisse der fachdidaktischen Analyse der Items und der Schülerleistungen präsentiert werden.

## Test Allgemeinwissen Naturwissenschaften

An diesem Test nahmen 2318 Schülerinnen und Schüler teil, davon 191 aus AHS und 309 aus BHS. Ihnen wurden - verteilt auf drei Testhefte - 44 mathematische und 31 naturwissenschaftliche Fragen gestellt. Damit wurde zwar eine breitere Stoffabdeckung erreicht, Vergleiche zwischen Schultypen sind aber auf dieser geringen statistischen Basis nicht zu vertreten. Die meisten Items sind vom Typ Multiple Choice (MC), einige erfordern freie Antworten.

Die naturwissenschaftlichen Fragen unterteilen sich in Biologie und Umwelt (mit Teilfragen 17), Chemie (7) und Physik (12). Inhaltlich entsprechen sie den am Ende der Mittelstufe zu erwartenden Kenntnissen, teilweise scheinen sie die Wahrneh-

mung der Umweltfragen zu überprüfen. (Leider hat die IEA nur 50% der Fragen zur Veröffentlichung freigegeben, so daß hier nur wenige Beispiele wiedergegeben werden können.)

**Biologie:** Die leichten Items (mit einem internationalen Erfolgsgrad über 50%) wurden mit meist etwas besserem Erfolg gelöst, bei den 6 schwierigeren Aufgaben taten sich die österreichischen Probanden bei der Kenntnis der Blutgruppen und des Wasserkreislaufes hervor. Allerdings stimmt es bedenklich, wenn nur etwa 40% der MaturantInnen über die Blutgruppen Bescheid wissen und nur 65% den Wasserkreislauf skizzieren können. Als äußerst schwierig stellte sich die Aufgabe heraus, aufgrund der Beschreibung einer Versuchsreihe zur Photosynthese (Text und Graphik) eine Vorhersage bei geänderten Bedingungen zu treffen (Erfolg 27%).

**Chemie:** Die wenigen Fragen bieten keine repräsentative Abdeckung der Chemie. Sie werden nur in 2 Fällen seltener richtig beantwortet als im internationalen Schnitt. 71% unserer Schüler kennen die Ursachen des sauren Regens, international sind es 58%, und 42% (international 34%) können mit dem Begriff Halbwertszeit umgehen. Allerdings stellt sich bei den Maturanten die Frage, ob gerade bei diesem wichtigen Begriff ein Erfolg von 62% tatsächlich befriedigt.

#### Allgemeinbildung Chemie

A2. FCKW (Fluorchlorkohlenwasserstoffe) haben vor 30 Jahren die Privat- und die Industrielwelt völlig verändert. Sie wurden als Kühlmittel in Kühlschränken sowie als Treibgas in Sprühdosen, Druckpatronen und in Feuerlöschern verwendet. Heute gibt es starke internationale Bestrebungen, diese Stoffe nicht mehr zu verwenden, da sie ...

- A. chemisch schwer abbaubar sind.
- B. zum Treibhauseffekt beitragen.
- C. für Menschen giftig sind.
- D. die Ozonschicht zerstören.

(Quelle: IEA)

(Erfolgsquote: AHS 77%, BHS 74%, BMS 73%, BS 72%; international 77%; richtig: D)

**Physik:** Auch hier wurden nur 3 von 12 Aufgaben - allerdings deutlich - schlechter als im internationalen Schnitt beantwortet. So wurde gefragt, wie die Energie in einem System aus Pfeil und Bogen anfangs gespeichert ist, wie sie in Bewegungsenergie des Pfeils umgewandelt wird. Nur ein Drittel der Maturanten konnte diese Frage beantworten, in der Berufsschule sank die Quote auf 12%. Wesentlich besser als im internationalen Schnitt wurden folgende Fragen beantwortet: Warum wird Kernfusion noch nicht zur Energiegewinnung technisch angewandt? Wie verhält sich die Lichtenergie einer Lampe zur aufgewandten elektrischen Energie? (Was etwa jeder zweite Maturant richtig beantwortet.)

#### Allgemeinbildung Physik

A7. Manche Schuhe mit hohen Absätzen beschädigen angeblich Fußböden. Diese sehr hohen Absätze haben unten einen Durchmesser von etwa 0,5 cm. Normale Absätze haben unten einen Durchmesser von etwa 3 cm. Erklären Sie kurz, weshalb Schuhe mit sehr hohen Absätzen Fußböden beschädigen können.

(Quelle: IEA)

(Erfolgsquote: AHS 73%, BHS 76%, BMS 60%, BS 44%; international 51%)

## Test Fachwissen Physik

Neben dem Test Fachwissen Mathematik war dies der einzige Test, in dem Lehrstoff der Oberstufe überprüft wurde. Rund 800 Maturanten nahmen daran teil. 65 Aufgaben (davon etwa 2/3 im Multiple Choice Format, der Rest erforderte freie Antworten) wurden in 4 Blöcken auf 3 Testhefte verteilt, wobei ein Block allen Heften gemeinsam war. Durchschnittlich 28 Aufgaben waren in 45 Minuten zu bearbeiten. In allen physikalischen Teilgebieten blieb der Erfolg signifikant unter dem internationalen Durchschnitt.

Aus Platzgründen kann hier aus den Teilgebieten nur je ein Beispiel gebracht werden. Die Detailergebnisse aller Items als Tabellen sind im Internet unter <http://pluslucis.univie.ac.at/timss3> zu lesen, wobei Inhalt, Schwierigkeitsgrad und Erfolgsquote (international und national) sowie das erforderliche Wissen angegeben sind.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse fällt auf, daß Aufgaben dann mit einigermaßen gutem Erfolg gelöst werden, wenn sie eher Allgemeinwissen und logisches Denken erfordern. Unsere Maturanten sind mehrheitlich nicht in der Lage, quantitative und stark fachbezogene Aufgaben zu lösen. Allerdings fällt gerade in der Mechanik auf, daß Rechenaufgaben etwa von den norwegischen Spezialisten mit hohem Erfolg gelöst werden, Verständnisaufgaben aber auch bei ihnen zum reinen Glückspiel werden. Ein Beispiel dafür ist die Aufgabe mit der Jahrmarktszentrifuge, die im Kasten auf der nächsten Seite analysiert wird.

## Erfolg der Mädchen

In allen Ländern, besonders aber in Mitteleuropa schneiden die Mädchen bei TIMSS3 schlechter ab als die Burschen. (Beim Experimentiertest in TIMSS2 (s. PLUS LUCIS 1/2000, S. 12) bestand hingegen kein Leistungsunterschied.) Im Rahmen von IMST wurde dieses Problem untersucht, die Schlüsse daraus folgen in einem späteren Artikel.

## Zusatzerhebungen

Einstellungen zum Unterricht, Informationen über den Unterricht und Berufsabsichten wurden im Anschluß an den Test erhoben. Damit liegen zu oft behaupteten Einstellungen statistisch relevante Daten vor.

Teilnehmer am Allgemeinwissenstest "mögen" Mathematik zu 47% (in Slowenien zu 60%), schätzen Biologie (das naturwissenschaftliche Lieblingsfach der Mädchen) mit 72%, Chemie und Physik mit unter 40%. Die größte Ablehnung seitens der Mädchen erfährt in allen Ländern die Physik.

In allen Ländern zeigt sich, daß die Testleistung stark mit der Bildung der Eltern korreliert.

Nur 56% der österreichischen Teilnehmer am Physikfachttest berichten, daß sie im Abschlußjahr Physikunterricht hatten, was durch die Einbeziehung sämtlicher Arten von BHS erklärlich ist. Von ihnen hatten 97% nie Hausaufgaben aus Physik - Zahlen, die bei keinem anderen Land genannt werden. 57% meinen, daß sie bestenfalls gelegentlich im Unterricht argumentieren und begründen müssen, während dies etwa in der Schweiz nur 18% meinen. Signifikant ist allerdings in allen Ländern eine Korrelation zwischen Leistung im Test und dem

Ausmaß an Argumentieren. Nur in Österreich, Deutschland und Griechenland berichten über 50%, daß sie keine Schülerexperimente im Unterricht durchführen. Daß nur 13% der Burschen und 3% der Mädchen ein technisches Studium beginnen wollen - in Schweden sind die entsprechenden Zahlen 51%, bzw. 22% - zeigt weniger eine Technikfeindlichkeit als die Unvergleichbarkeit der nationalen Stichproben: in Österreich Maturantinnen und Maturanten aus allgemein bildenden Schulen neben HTL und HAK, in Schweden künftige Ingenieure.

### Abschließende Bemerkungen

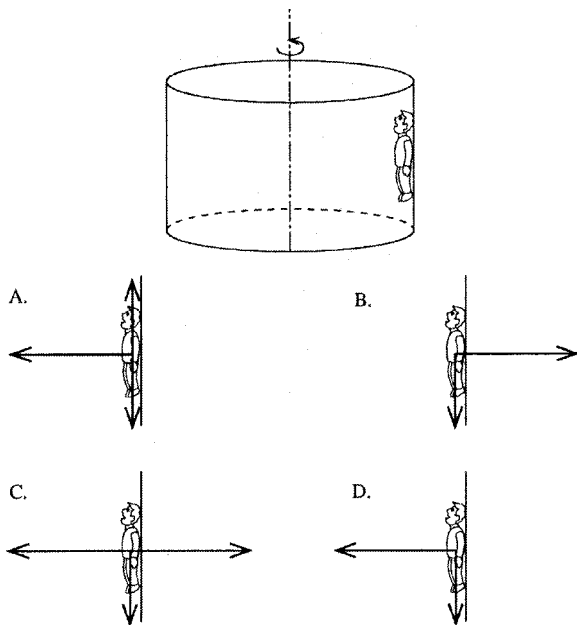
Beim Fachtest Physik zeigt sich, daß österreichische Maturantinnen und Maturanten leichte Physikaufgaben etwa gleich gut - meist unter Verwendung von Allgemeinwissen und logischem Denken - wie ihre Kollegen in den anderen Ländern lösen können, sie jedoch bei ein wenig anspruchsvolleren Aufgaben drastisch schwächer werden. Insbesondere quantitative Aufgaben überfordern sie. Der österreichische Lehrplan hat

viel weiter gesteckte Ziele, als in TIMSS-Items abgefragt werden können. Die rein fachlichen Lehrplanziele werden offensichtlich nicht erreicht. Daher sollte TIMSS zum Anlaß genommen werden, über Möglichkeiten zur Steigerung der Wirksamkeit von Physikunterricht nachzudenken und sie umzusetzen.

Wie kann durch Wiederholen und Vernetzen dem raschen Vergessen des Stoffes nach Prüfungen begegnet werden? Durch welche Unterrichtsmethoden und Inhalte kann Physik als persönlich relevant erlebt werden? Diese Fragen sollen in der nächsten Zeit verstärkt bearbeitet werden, dazu dient das vorgeschlagene Nachfolgeprojekt IMST2.

*Mitgewirkt haben in IMST-Nawi Mag. G. Cholewa, HR Dr. Chr. Koenne, Mag. H. Stadler und Dr. Th. Stern, sowie in verschiedenen Stadien des IMST-Projekts zahlreiche Lehrerinnen und Lehrer. Ihre Beiträge sind in den Artikel eingeflossen.*

G09. Die Abbildung zeigt eine Attraktion eines Vergnügungsparks. Wenn sich die Trommel um die senkrechte Achse dreht, wird der Boden langsam abgesenkt. Die Person bewegt sich dabei jedoch nicht nach unten. Sie wird gegen die Innenseite der Trommel gepreßt und bleibt bezüglich der Wand in Ruhe. Die Füße der Person haben keinen Bodenkontakt. Welche der folgenden Abbildungen gibt am besten die real auf die Person wirkenden Kräfte wieder?



Diese Aufgabe hat in Österreich und Deutschland extrem schlechte Ergebnisse gebracht. Mit einer internationalen Lösungshäufigkeit von 20% gehört sie zu den schwierigsten. Sie ist gleichzeitig ein Musterbeispiel für die Unzulässigkeit, nur die richtigen Antworten zu betrachten.

Was bedeuten die einzelnen Alternativen?

A. Die Trommelwand übt auf die Person die für eine Kreisbewegung notwendige Zentripetalkraft aus, die Gewichtskraft wird durch die Reibungskraft kompensiert. Die Reaktionskraft, mit der die Person gegen die Trommelwand

drückt, wirkt natürlich nicht auf die Person und ist daher nicht eingezeichnet.

- B. Die Fehlvorstellung, daß bei einer Kreisbewegung die Zentrifugalkraft wirke, ist hier noch mit dem Fehlen der Reibungskraft kombiniert.
- C. Hier ist die Situation im mitrotierenden System dargestellt, in dem zur Zentripetalkraft durch den Übergang in Polarkoordinaten die Zentrifugalkraft als Scheinkraft hinzukommt.
- D. Hier fehlt die Reibungskraft, die Zentripetalkraft ist richtig.

In der Tabelle sind die Verteilungen auf die Alternativen für einige Länder angegeben. Die Interpretation des österreichischen Resultats ist eindeutig: Die falsche Vorstellung B ist vorherrschend. Doch was bedeuten 29% richtige Antworten für Norwegen? Wurde zufällig zwischen A, B und D gewählt? Oder beherrschen 57% (A+D) den Begriff Zentripetalkraft, wobei die Hälfte die Reibung nicht verstanden hat?

Land	A (richtig)	B	C	D
Australien	27%	34%	23%	16%
Norwegen	29%	31%	12%	28%
USA	15%	61%	14%	9%
BRD	9%	71%	16%	4%
Österreich	6%	87%	5%	2%
International	20%	50%	20%	10%

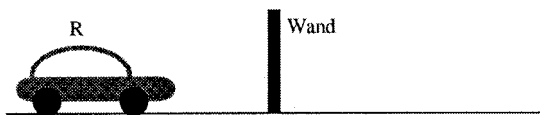
Aus der richtigen Antwort läßt sich nicht auf Verständnis schließen, wenn die Antwort - wie hier - nicht begründet werden muß. Bei der Testkonstruktion sind zwei weitere Mängel aufgetreten: Die richtige Lösung könnte bereits durch korrektes Betrachten der Reibung ausgesondert werden (was aber für das Resultat offensichtlich keine Rolle gespielt hat), und in der Formulierung der Angabe wird eine deutliche Präferenz für B verraten: Eine neutrale Formulierung wäre gewesen, "[die Person] fühlt sich gegen ... gepreßt."

## Fachwissenstest Physik: Mechanik

G7. Ein Autohersteller macht eine Testserie an neuen Modellen. Zwei Fahrzeuge P und Q, mit gleicher Masse und Geschwindigkeit, fahren einander auf Kollisionskurs entgegen (siehe Figur 1). Ein drittes Auto R, mit derselben Masse und Geschwindigkeit wie die anderen Autos, fährt gegen eine unbewegliche Wand mit sehr großer Masse (siehe Figur 2). In beiden Fällen kommen die Autos nach dem Zusammenprall zum Stillstand.



Figur 1



Figur 2

Der Betrag der kinetischen Energie, der in Deformationsenergie und Wärme verwandelt wird, ist bei Auto P ...

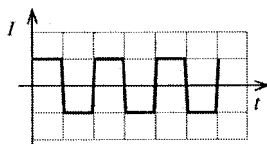
- A. größer als derjenige von Auto R.
- B. gleich groß wie derjenige von Auto R.
- C. kleiner als derjenige von Auto R.
- D. nicht möglich herauszufinden, da Informationen fehlen.

(Quelle: IEA)

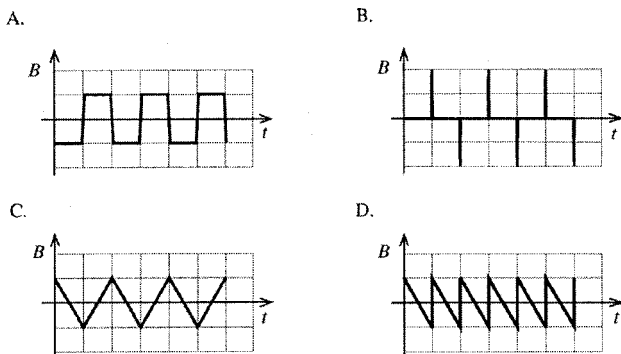
(Erfolgsquote: AHS 18%, BHS 16%; international 30%; richtig: B)

## Fachwissenstest Physik: Elektrizität

G4. Eine Spule befindet sich in einem veränderlichen Magnetfeld B. Dieses verursacht in der Spule einen Induktionsstrom I der im folgenden Strom-Zeit-Diagramm (I-t-Diagramm) dargestellt ist:



Welches der folgenden Diagramme zeigt am besten die zeitliche Veränderung des Magnetfelds?



(Quelle: IEA)

(Erfolgsquote: AHS 36%, BHS 41%; international 34%; richtig: C)

## Fachwissenstest Physik: Wärmelehre

G2. Wenn ein kleines Volumen von Wasser zum Kochen gebracht wird, entsteht ein großes Volumen von Wasserdampf. Warum ist das so?

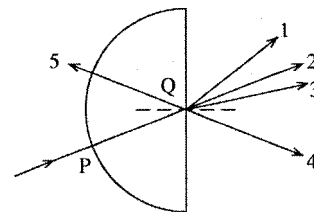
- A. Die Moleküle haben im Wasserdampf einen größeren Abstand als im Wasser.
- B. Wassermoleküle dehnen sich bei Erwärmung aus.
- C. Die Änderung von Wasser zu Dampf läßt die Anzahl der Moleküle zunehmen.
- D. Der Atmosphärendruck wirkt stärker auf Wassermoleküle als auf Dampfmoeküle.
- E. Wassermoleküle stoßen einander ab, wenn sie erwärmt werden.

(Quelle: IEA)

(Erfolgsquote: AHS 56%, BHS 44%; international 65%; richtig: A)

## Fachwissenstest Physik: Optik und Wellen

G5. Zur Aufgabenstellung gehört das folgende Diagramm: Ein Lichtstrahl durchläuft von P nach Q einen halbkreisförmigen Glaskörper, der von Luft umgeben ist. In welche Richtung wird der Lichtstrahl bei Q gebrochen?



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

(Quelle: IEA)

(Erfolgsquote: AHS 33%, BHS 23%; international 37%; richtig: A)

## Fachwissenstest Physik: Moderne Physik

G18. Eine sehr dünne Goldfolie wird mit Alpha-Teilchen beschossen. Erklären Sie, warum die meisten Alpha-Teilchen die Folie durchdringen.

(Quelle: IEA)

(Erfolgsquote: AHS 24%, BHS 13%; international 14%)