

Edith Schneider und Werner Peschek

PISA MATHEMATIK: DIE ÖSTERREICHISCHEN ERGEBNISSE AUS FACHDIDAKTISCHER SICHT

In der Mittelmäßigkeit der Mathematikleistungen der österreichischen Schülerinnen und Schüler (öS&S) lassen sich bei differenzierter Analyse der Daten in bestimmten Bereichen „relative Stärken“ bzw. „relative Schwächen“ (im Vergleich zum OECD-Durchschnitt oder zu interessierenden Vergleichsländern) ausmachen. Darüber hinaus scheint es interessant, die Ergebnisse auch differenziert nach Schulkarrieren (Hauptschule vs. Unterstufe AHS) sowie nach Geschlecht zu betrachten und das Auftreten leistungsfördernder bzw. leistungshemmender Faktoren zu beobachten.

Die Ergebnisse von PISA 2003 haben in Österreich großes mediales Aufsehen erregt. Dabei standen zwei Aussagen im Vordergrund, die meist für alle vier getesteten Domänen (Lesen, Mathematik, Naturwissenschaften, 2003 zusätzlich Problemlösen) pauschal, zumindest aber ohne genauere Differenzierung getroffen wurden:

1. Die Leistungen der öS&S liegen im internationalen (OECD-)Durchschnitt (oder sogar darunter).
2. Die Leistungen der öS&S haben sich gegenüber dem PISA-Test 2000 drastisch verschlechtert („Absturz“, „Pisaster“).

Für die Mathematik ist die erste Aussage im Wesentlichen richtig, die zweite Aussage ist in keiner Weise haltbar:

Die getesteten öS&S erreichten beim Test 2003 im Fach Mathematik im Durchschnitt (Mittelwert) 506 Punkte auf der PISA-Skala (basierend auf den Lösungshäufigkeiten, normiert auf einen Durchschnittswert von 500 Punkten für alle ausgewerteten OECD-Staaten). Unter Berücksichtigung zufälliger Stichprobenabweichungen lässt sich daraus mit großer Sicherheit (mehr als 95%) schließen, dass der Durchschnittswert unter allen öS&S zwischen 499 und 513 Punkten liegt wie auch, dass die Leistungen der öS&S *signifikant* (mit mehr als 95% Sicherheit) *über* dem OECD-Durchschnitt liegen.

Aber nicht jeder statistisch signifikante Unterschied ist auch inhaltlich von Bedeutung: Einer statistisch hoch signifikanten Mittelwert-Differenz von 20 Punkten etwa entspricht lediglich eine in der Sache meist nicht sehr bedeutsame Differenz von ca. 3%-6% bei den durchschnittlichen Lösungshäufigkeiten.

Mit dem Stichprobenmittelwert von 506 Punkten liegt Österreich an 15. Stelle der 29 ausgewerteten OECD-Staaten. Statistisch lässt dies lediglich die recht vage Aussage zu, dass die Mathematikleistungen aller öS&S (zwischen 499 und 513 Punkten) Österreich auf einen Rang zwischen 10 und 19 unter allen OECD-Staaten bringen.

Insgesamt lässt sich also durchaus berechtigt sagen, dass die österreichischen Gesamtergebnisse im Fach Mathematik nahe dem OECD-Durchschnitt liegen, wobei neun der 29 OECD-Staaten statistisch signifikant bessere Ergebnisse erzielten; nur für zwei dieser Länder (Finnland, Korea) ist jedoch ein allenfalls inhaltlich relevanter Unterschied (von mehr als 20 Punkten) statistisch gesichert. Zehn OECD-Staaten weisen hingegen statistisch signifikant schlechtere Gesamtmittelwerte auf, für fünf dieser Staaten (Portugal, Italien, Griechenland, Türkei und Mexiko) ist auch ein allenfalls inhaltlich relevanter Unterschied statistisch signifi-

kant. Österreich liegt mit seinen Werten also innerhalb der OECD recht unauffällig etwa in der Mitte eines breiten Mittelfeldes.

Ein Vergleich der Testergebnisse im Jahre 2003 mit jenen aus dem Jahre 2000 ist aus mehreren Gründen kaum sinnvoll: Beim Test im Jahre 2003 wurden in Österreich gegenüber 2000 (geringfügige) Veränderungen hinsichtlich der untersuchten Population vorgenommen (die das Ergebnis 2003 ungünstig beeinflusst haben müssen), die 2003 erforderliche Neuskalierung der PISA-Skala bringt (geringfügige) Verschiebungen in der Gewichtung der Aufgaben mit sich, im Jahr 2003 kamen drei OECD-Staaten neu hinzu, ein OECD-Staat musste hingegen aus der Wertung genommen werden (was sich auf den OECD-Gesamtmittelwert auswirkt) und schließlich handelt es sich um zwei sehr verschiedene Tests (im Jahr 2000 nur Aufgaben aus den Sub-Domänen „Raum & Form“ sowie „Veränderung & Zusammenhänge“) – nur 19 der 84 im Jahre 2003 gestellten Aufgaben wurden auch im Test 2000 verwendet! Will man trotz dieser Bedenken die Ergebnisse der beiden Jahre vergleichen, so zeigen die Abb. 1 bzw. 2, dass weder hinsichtlich der Mittelwerte noch hinsichtlich der Ränge statistisch signifikante Unterschiede feststellbar sind. (Warum auch sollte dies der Fall sein?)

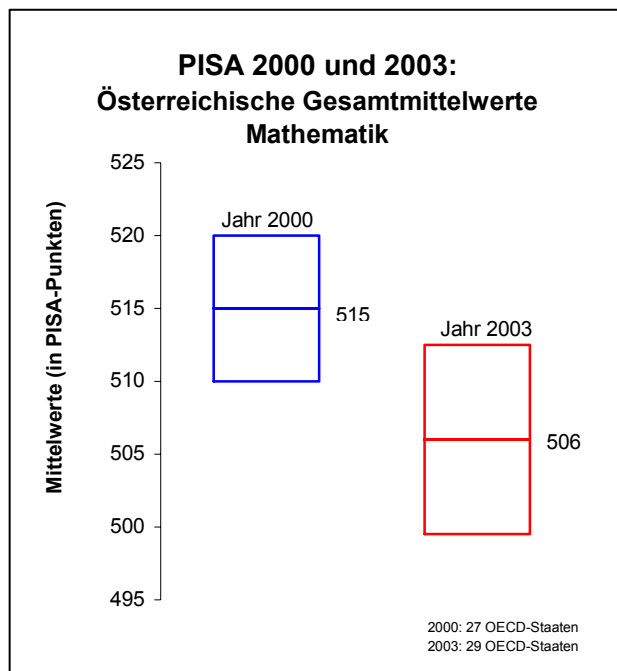


Abb. 1

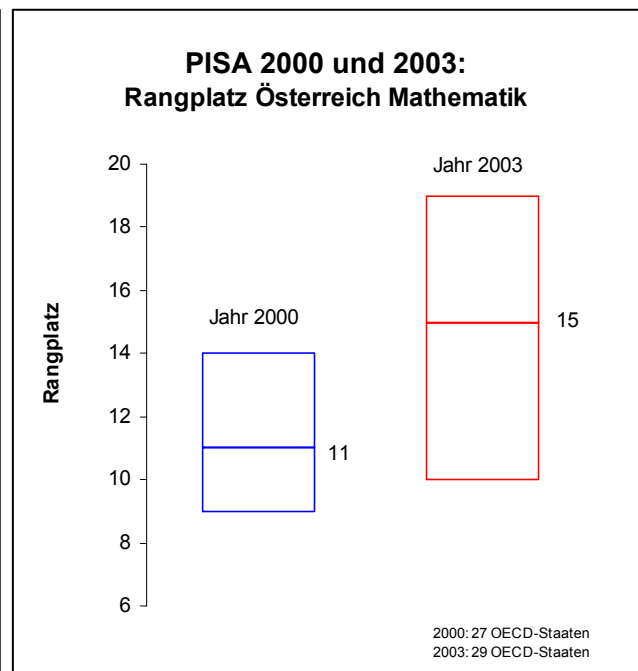


Abb. 2

Die Lösungshäufigkeit bei jenen 19 Aufgaben, die in beiden Tests verwendet wurden und daher unmittelbar vergleichbar sind, ist von durchschnittlich 50,5% im Jahre 2000 auf durchschnittlich 52,7% im Jahre 2003 gestiegen. Dies ist allenfalls ein Indiz für eine geringfügige Leistungssteigerung!

Das zentrale Problem bei der Bewertung der (österreichischen) Testergebnisse ist allerdings ein sehr grundsätzliches und wurde bereits im vorangegangenen Beitrag von W. Peschek angesprochen: Weder für Österreich noch für die OECD-Staaten insgesamt liegen konsensuelle bildungstheoretische Normen vor, an denen die empirisch festgestellten Leistungen gemessen und bewertet werden könnten. Daher ist man bei der Interpretation und vor allem bei der Bewertung der empirischen Daten stets auf einen Vergleich mit anderen empirischen Daten zurückgeworfen, also auf relative Aussagen (etwa: „besser als der OECD-Durchschnitt“, „schlechter als in der AHS“, usw.) beschränkt. Eine Bewertung dieser Aussagen im Hinblick

auf eine bildungstheoretische Norm muss der jeweiligen Bezugskommunität (interessierte Öffentlichkeit, Bildungspolitik, Fachdidaktik, Schulgemeinschaft) überlassen bleiben. Die PISA-Mathematics-Expert-Group Austria (PISAMEG) kann als eine spezifische Gruppe innerhalb dieser Bezugskommunität gesehen werden; von dieser Gruppe liegt eine globale erste Einschätzung der (österreichischen) Ergebnisse 2003 vor:

„In Anbetracht der Tatsache, dass die objektiven Anforderungen der (meisten) PISA-Aufgaben aus fachdidaktischer Sicht durchaus eine sinnvolle Norm für erwünschte mathematische Kompetenzen von Schüler/innen darstellen, sind die Testergebnisse insgesamt gesehen wenig zufrieden stellend. Dies gilt für den OECD-Schnitt ebenso wie für die nur geringfügig besseren österreichischen Ergebnisse und selbst für jene Länder, die deutlich über dem OECD-Schnitt liegen: Angesichts der großen gesellschaftlichen Bedeutung einer soliden mathematischen Grundbildung für alle und der beträchtlichen Anstrengungen, die zu deren Realisierung unternommen werden, sollte ein wesentlich höherer Anteil an Schüler/innen über die durch den PISA-Test angesprochenen mathematischen Kompetenzen verfügen.“ (PISAMEG 2004, S. 2)

Diese Einschätzung fachdidaktischer Expertinnen und Experten (die von der Verfasserin und vom Verfasser dieses Beitrags vollinhaltlich geteilt wird) ist bei den folgenden Ausführungen, die häufig auf einem Vergleich mit OECD-Durchschnittswerten basieren, jedenfalls mit zu bedenken.

Relative Stärken und Schwächen der österreichischen Schülerinnen und Schüler

Die Testaufgaben unterscheiden sich hinsichtlich mathematischem Stoffgebiet, Kontext, Antwortformat, Kompetenzcluster und psychometrischer Schwierigkeit (Lösungshäufigkeit). Im folgenden wird versucht, Auffälligkeiten der österreichischen Ergebnisse hinsichtlich dieser Aspekte im Vergleich zu den OECD-Ergebnissen aufzuspüren.

Mathematisches Stoffgebiet

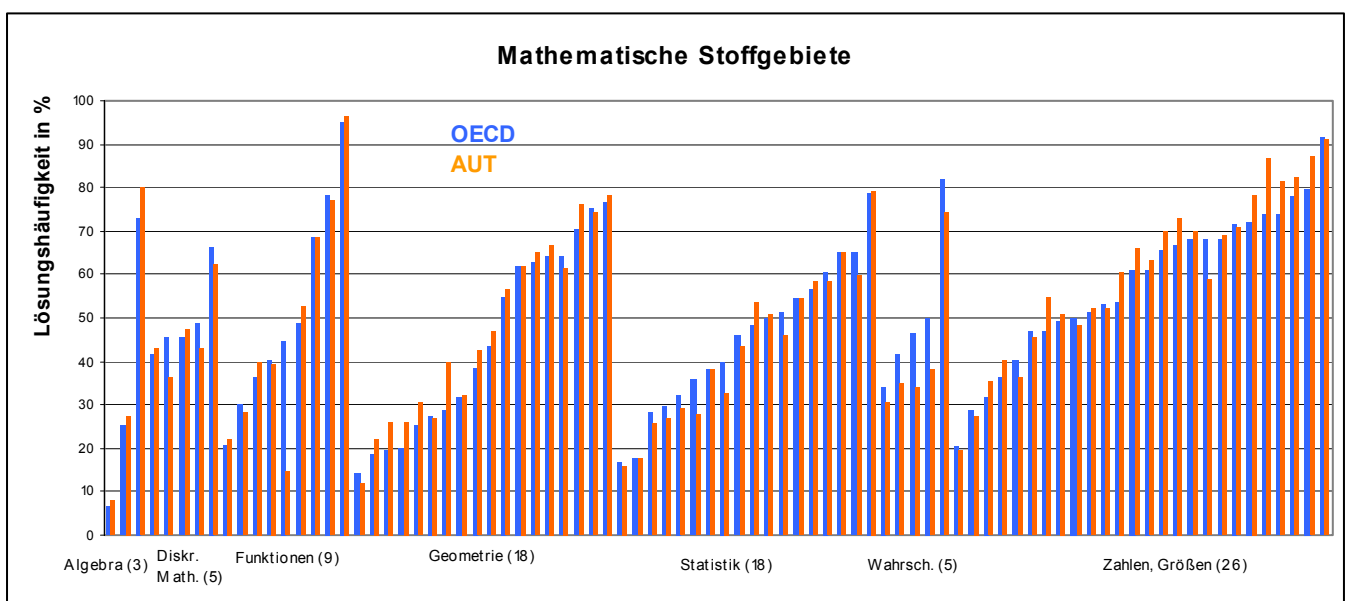


Abb. 3

Algebra (3):

Bei den drei Aufgaben zur elementaren Algebra zeigen die öS&S durchwegs bessere Leistungen als ihre Kolleginnen und Kollegen innerhalb aller OECD-Staaten. Der Unterschied ist bei der schwierigsten Aufgabe minimal (die Differenz der Lösungshäufigkeiten beträgt 1%), bei der mittleren Aufgabe etwas deutlicher (3%), bei der leichtesten Aufgabe am stärksten ausgeprägt (7%). Zwei der drei Aufgaben erwiesen sich insgesamt als sehr schwierig.

Eine Generalisierung dieses Ergebnisses scheint angesichts der wenigen Aufgaben kaum möglich, könnte gegebenenfalls aber mit der in der österreichischen Mathematikdidaktik stark gepflegten Didaktik der Algebra (mit Auswirkungen auf Lehrbücher) begründbar sein.

Diskrete Mathematik (5):

Dieses Stoffgebiet findet in den relevanten österreichischen Lehrplänen keine Berücksichtigung. Dies könnte die deutlichen Schwächen der öS&S bei drei der fünf Aufgaben erklären.

Funktionen (9):

Bei acht der neun Aufgaben zeigen sich nur geringe, wechselnde Unterschiede in den Lösungshäufigkeiten. Bei einer Aufgabe allerdings zeigen die öS&S größere relative Schwächen als bei jeder anderen der Aufgaben des gesamten Tests (Differenz 30%). In dieser Aufgabe ist die Anwendung und Interpretation des Begriffs der Änderungsrate (Differenzialquotient) erforderlich, ein mathematischer Inhalt, der in Österreich nicht Gegenstand der relevanten Lehrpläne ist, sondern erst in der Oberstufe im Rahmen der Differenzialrechnung behandelt wird.

Geometrie (18):

In der (OECD-weit als eher schwierig empfundenen) Geometrie zeigen die öS&S relative Stärken: Bei zwei Drittel aller Beispiele liegt ihre Lösungshäufigkeit über jener in der OECD, in einigen Fällen deutlich darüber. Besonders auffallend ist die deutlich höhere Trefferquote (Differenz zur OECD 11%) der öS&S bei einer Aufgabe zur Ermittlung des Umfangs einer einfachen geometrischen Figur (Rechteck mit zwei aufgesetzten Halbkreisen).

Angesichts der zahlreichen Beispiele aus der im österreichischen Mathematikunterricht eher wenig gepflegten Raumgeometrie, ist die relative Stärke der öS&S in diesem Stoffgebiet etwas überraschend. Die Gründe für dieses gute Ergebnis könnten in einer entsprechend entwickelten didaktischen und unterrichtspraktischen Tradition des österreichischen Geometrieunterrichts liegen, möglicherweise auch in entsprechenden Auswirkungen des in der Hauptschule und im Realgymnasium verpflichtend, in anderen Gymnasien als Freigegegenstand angebotenen Faches „Geometrisch Zeichnen“.

Statistik (18):

OECD-weit fällt dieses Stoffgebiet den Schülerinnen und Schülern schwer. Die öS&S zeigen bei vielen Aufgaben relative Schwächen, die zum Teil recht stark ausgeprägt sind (Differenzen in den Lösungshäufigkeiten bis zu 8%).

Zum Teil lassen sich diese Schwächen der öS&S darauf zurückführen, dass vereinzelt Grundkenntnisse über Stichproben benötigt werden, die in den relevanten österreichischen Lehrplänen nicht angeführt werden, zum größeren Teil sind diese Schwächen aber sicher auf eine Unterrichtspraxis zurückzuführen, in der die Beschreibende Statistik stiefmütterlich und wenig angemessen unterrichtet wird. Hinzu kommt, dass viele dieser Aufgaben begriffliche Interpretationen und Reflexionen, Begründungen sowie Vernetzungen verschiedener Kenntnisse erfordern, also vielfach auch inhaltlich relativ anspruchsvoll sind.

Wahrscheinlichkeit (5):

Die in diesem Stoffgebiet am stärksten ausgeprägten relativen Schwächen der öS&S können angesichts der Tatsache, dass dieses Stoffgebiet in den relevanten österreichischen Lehrplänen nicht aufscheint, kaum überraschen.

Zahlen, Größen (26):

Es handelt sich hier um das Stoffgebiet mit den durchschnittlich höchsten Lösungshäufigkeiten (OECD 58%, AUT 60,5%). Die öS&S zeigen dabei tendenziell relative Stärken, insbesondere bei den einfacheren Aufgaben; eine auffallende Schwäche ist nur bei einem Beispiel mit einem für öS&S sehr „exotischen“ Kontext mit ungewohnten Einheiten (Fahrenheit) zu beobachten.

Resumé:

Die Ergebnisse der öS&S in den traditionellen Stoffgebieten der Unterstufe (Arithmetik, Algebra, Geometrie) sind *relativ* (!) zufrieden stellend (die durchschnittliche Lösungshäufigkeit ist hier in Österreich um ca. 2,5% höher als innerhalb der OECD), jene in „modernerer“ schulmathematischen Gebieten (Diskrete Mathematik, Wahrscheinlichkeit, Statistik) sind (auch relativ) schlecht. Teilweise sind diese relativen Schwächen sicher auf entsprechende Defizite in der Unterrichtspraxis zurückzuführen (v. a. Beschreibende Statistik), mehrheitlich sind sie aber sicher (auch) lehrplanbedingt (die entsprechenden Inhalte fehlen in den relevanten österreichischen Lehrplänen). Nähme man jene Aufgaben „aus der Wertung“, bei denen die öS&S lehrplanbedingt benachteiligt sind, so würde sich der Abstand zur Schweiz halbieren, jener zum „Testsieger“ Finnland um ein Viertel verringern.

Kontext

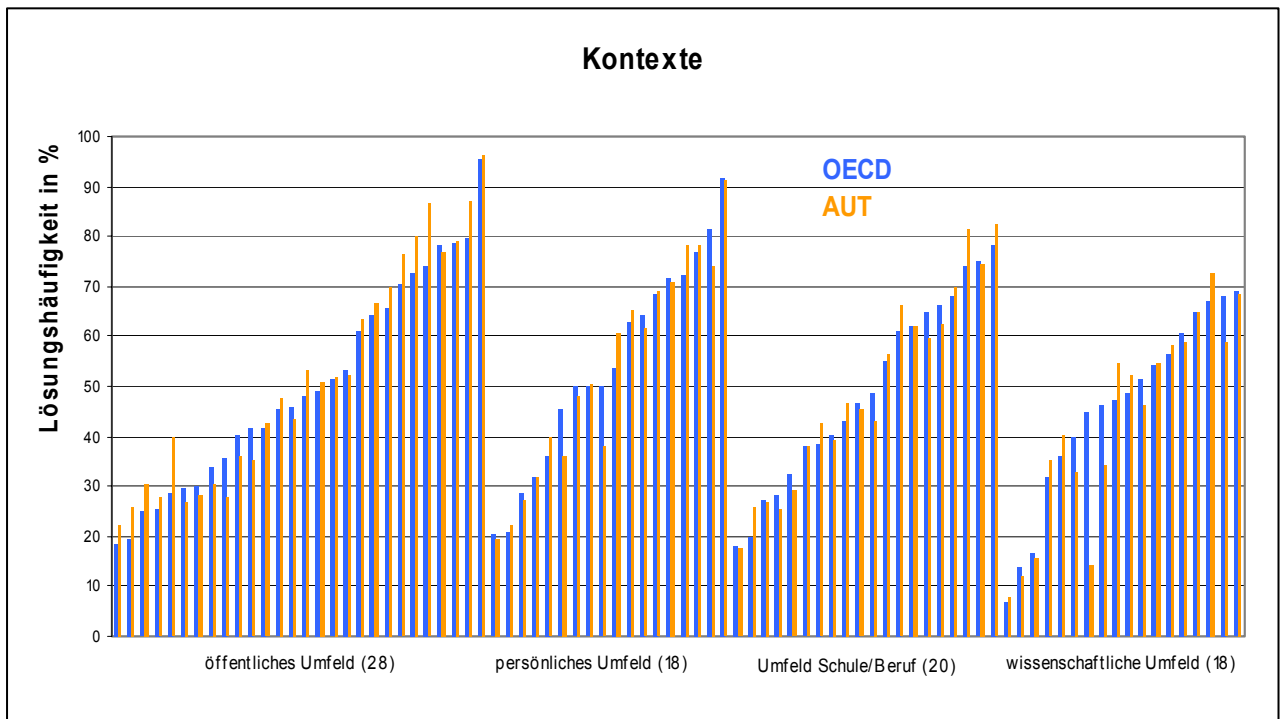


Abb. 4

Zweifelloos hat der spezifische Kontext jeder einzelnen Aufgabe Einfluss auf die Lösungshäufigkeit. Es lassen sich jedoch kaum Hinweise finden, dass die vorgegebenen Kontextbereiche systematischen Einfluss auf die relativen Stärken oder Schwächen der öS&S haben –

s. Abb. 4. (Die auffallenden Schwächen der öS&S bei zwei Aufgaben aus dem wissenschaftlichen Umfeld sind in einem Fall auf den spezifischen Kontext der Aufgabe, in beiden Fällen jedoch kaum auf den Kontextbereich zurückführbar.)

Erkennbar ist hingegen, dass die Aufgaben aus dem wissenschaftlichen Umfeld den öS&S wie auch jenen der OECD insgesamt etwas mehr Schwierigkeiten bereitet haben, insbesondere sind die drei schwierigsten Aufgaben des gesamten Tests diesem Umfeld zuzurechnen.

Antwortformat

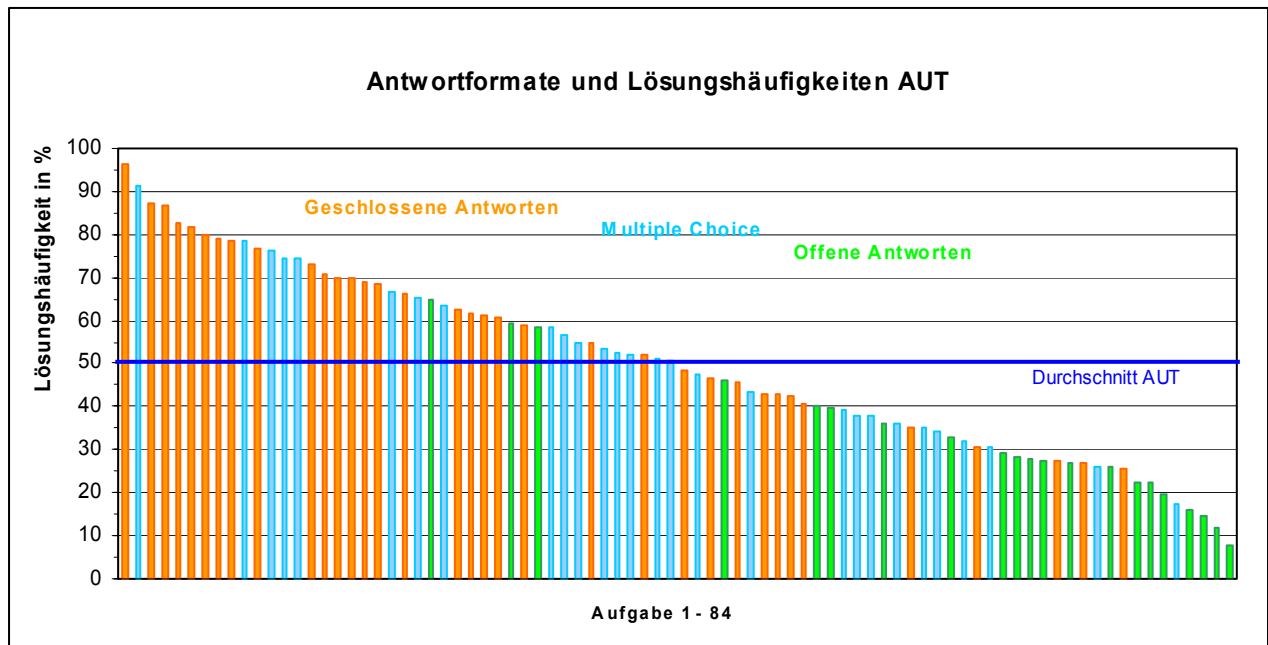


Abb. 5

Tendenziell sind den öS&S beim PISA-Test 2003 die Aufgaben mit (den aus dem Schulunterricht am besten vertrauten) geschlossenen Antwortformaten deutlich leichter gefallen (59% richtig) als Multiple-Choice-Aufgaben (51,3% richtig); am schwierigsten haben sich Aufgaben mit offenen Antworten erwiesen (31,3% richtig) – s. Abb. 5.

Hinsichtlich der Multiple-Choice-Aufgaben könnte das im österreichischen Schulwesen ungewohnte Aufgabenformat eine gewisse, von den mathematischen Kompetenzen unabhängige Rolle gespielt haben („Testfähigkeit“); das Problem der offenen Antworten hingegen ist eher ein mathematisch-inhaltliches (Interpretationen, Reflexionen, Argumentationen, Begründungen, verbale Darstellungen) und zweifellos ein Defizit des traditionellen österreichischen Mathematikunterrichts.

Die Grafik in Abb. 6 zeigt, dass die für Österreich formulierten Beobachtungen tendenziell (z. T. abgeschwächt) auch für die gesamte OECD gelten: Aufgaben mit geschlossenen Antworten haben sich auch innerhalb der OECD als tendenziell leichter erwiesen, Aufgaben mit offenen Antworten als tendenziell deutlich schwieriger. Besondere relative Stärken bzw. Schwächen der öS&S sind nur schwach ausgeprägt, am ehesten lässt sich eine leichte relative Stärke bei den traditionellen geschlossenen Aufgaben, eine etwas deutlichere relative Schwäche bei den offenen Aufgaben ausmachen (jeweils eine gegenüber der OECD um ca. 1,8% höhere bzw. 2,1% geringere durchschnittliche Lösungshäufigkeit).

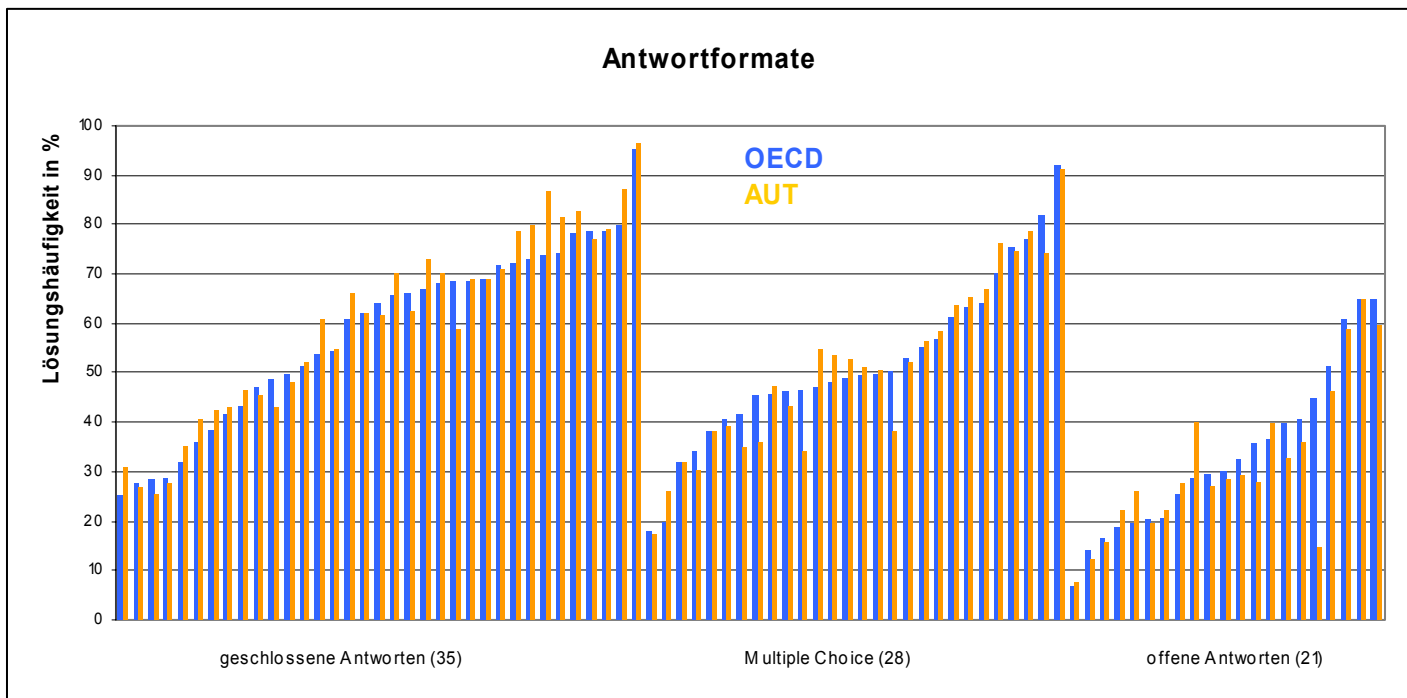


Abb. 6

Kompetenzcluster

Erwartungsgemäß haben sich Aufgaben aus dem Kompetenzcluster Reproduktion OECDweit als tendenziell einfacher erwiesen (durchschnittliche Lösungshäufigkeit 66,5%) als Aufgaben aus dem Kompetenzcluster Verbindungen (durchschnittliche Lösungshäufigkeit 46,0%); am schwierigsten waren Aufgaben aus dem Kompetenzcluster Reflexion (durchschnittliche Lösungshäufigkeit 35,1%).

Dieser Trend ist in Österreich in sehr ähnlichem Ausmaß feststellbar, relative Stärken oder Schwächen der öS&S sind kaum erkennbar (s. Abb. 7).

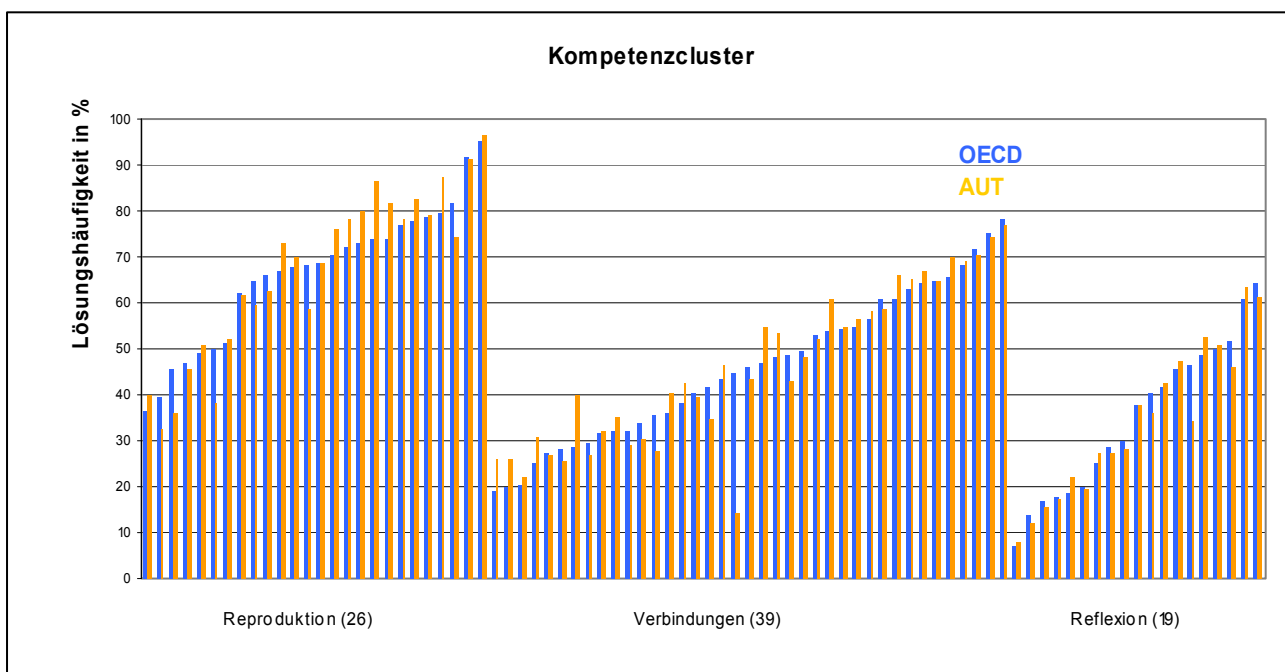


Abb. 7

Psychometrische Schwierigkeit

Die Grafik in Abb. 8 zeigt, dass sich – ähnlich wie bei den Kompetenzclustern – auch hinsichtlich der psychometrischen Schwierigkeit der Aufgaben kaum relative Stärken oder Schwächen der öS&S ausmachen lassen.

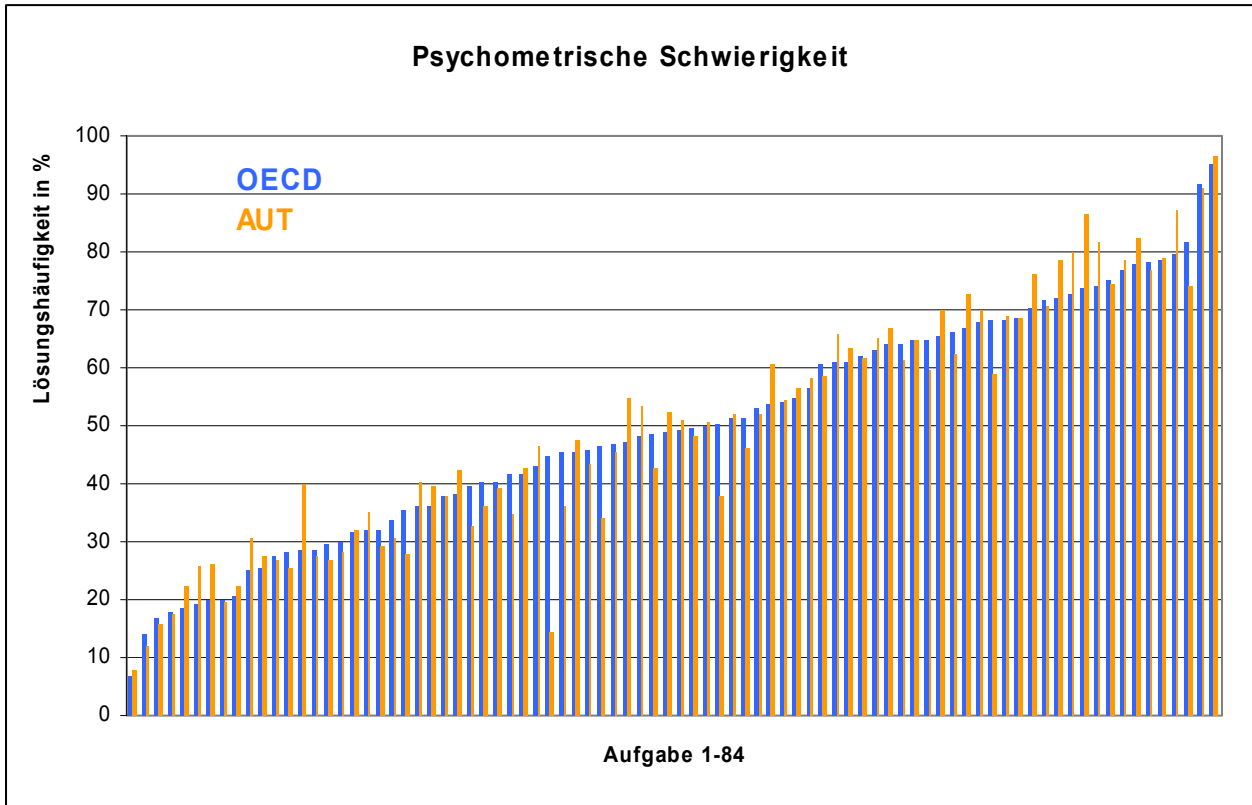


Abb. 8

„Leichte“ und „schwierige“ Aufgaben (OECD und AUT)

Die psychometrische Schwierigkeit ist kaum monokausal erklärbar, vielmehr spielen sehr viele verschiedene Faktoren eine Rolle und in unterschiedlicher Weise zusammen, wenn eine Aufgabe als leicht oder als schwierig empfunden wird. Die zuvor angeführten Kriterien können solche Faktoren sein, wenn auch sicher nicht die einzigen. Für die im PISA-Test 2003 gestellten Aufgaben kommt man anhand obiger Analysen (für Österreich wie auch für die OECD gesamt) zu folgenden Charakteristiken leichter bzw. schwieriger Aufgaben:

Die typische „leichte“ PISA-Aufgabe (Lösungshäufigkeit größer 70%, OECD 15 Aufgaben, AUT 17 Aufgaben)

- ist dem mathematischen Stoffgebiet „Zahlen, Größen“ zuzuordnen
- weist einen Kontext aus dem öffentlichen oder persönlichen Umfeld auf
- hat geschlossenes Antwortformat und
- ist dem Kompetenzcluster „Reproduktion“ zuzurechnen.

Die in Abb. 9 dargestellte Aufgabe weist diese Charakteristik (Zahlen, Größen, öffentliches Umfeld, geschlossene Antwort, Reproduktion) auf (Lösungshäufigkeit: OECD 80%, Österreich 87%).

WECHSELKURS

Mei-Ling aus Singapur wollte für 3 Monate als Austauschstudentin nach Südafrika gehen. Sie musste einige Singapur Dollar (SGD) in Südafrikanische Rand (ZAR) wechseln.

Frage 1:

Mei-Ling fand folgenden Wechselkurs zwischen Singapur Dollar und Südafrikanischen Rand heraus:

$$1 \text{ SGD} = 4,2 \text{ ZAR}$$

Mei-Ling wechselte zu diesem Wechselkurs 3000 Singapur Dollar in Südafrikanische Rand.
Wie viele Südafrikanische Rand hat Mei-Ling erhalten?

Antwort:

Abb. 9

Die typische „schwere“ PISA-Aufgabe (Lösungshäufigkeit kleiner 30%, OECD 16 Aufgaben, AUT 18 Aufgaben)

- ist dem mathematischen Stoffgebiet „Geometrie“ oder „Statistik“ zuzuordnen
- weist einen Kontext aus dem öffentlichen Umfeld auf
- hat offenes Antwortformat und
- ist dem Kompetenzcluster „Reflexion“ oder auch „Verbindungen“ zuzurechnen.

Die Aufgabe in Abb. 10 weist diese Charakteristik (Statistik, öffentliches Umfeld, offene Antwort, Verbindungen) auf (vollständig richtige Lösungen OECD 14%, Österreich 13%).

Raubüberfälle

Frage 1:

Ein Fernsehreporter zeigte folgende Grafik und sagte:

„Der Graph zeigt, dass die Anzahl der Raubüberfälle von 1998 bis 1999 stark zugenommen hat.“

Hältst du die Aussage des Reporters für eine vernünftige Interpretation des Diagramms?

Begründe deine Antwort.

Anzahl der
Raubüberfälle
im Jahr

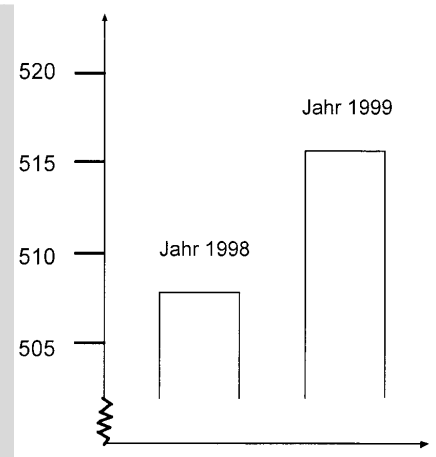


Abb. 10

Leistungsunterschiede nach Schulkarriere

Die im PISA-Test 2003 erfasste Stichprobe wurde der Gesamtpopulation der beschulten Schülerinnen und Schüler des Jahrgangs 1987, also der 15-16-Jährigen, entnommen. Diese Schülerinnen und Schüler befinden sich in der Regel in der 9. oder 10. Schulstufe.

Für Österreich stellt dies insofern ein gewisses Problem dar, als sich die öS&S bereits nach vier Schuljahren auf HS und AHS Unterstufe verteilen, nach der 8. Schulstufe aber dann sehr

stark weiter differenzieren in PTS, BS, BMS, BHS und AHS Oberstufe. Alle diese Schulsparten sind grundsätzlich sowohl im Anschluss an die HS als auch im Anschluss an die AHS Unterstufe wählbar. Insbesondere findet man in den BHS eine starke Durchmischung von Absolventinnen und Absolventen (A&A) der HS und der AHS Unterstufe, deutlich geringer ist diese Durchmischung in den BMS (überwiegend HS) und in den AHS (A&A von HS findet man nur am Oberstufenrealgymnasium).

Empirische Befunde über die mathematische Leistungsfähigkeit der öS&S in den verschiedenen Schulsparten können in vieler Hinsicht didaktisch interessant sein (insbesondere im Hinblick auf die Unterrichtssituation in den verschiedenen Schulsparten und allfällige Fördermaßnahmen), sie sind aufgrund der Inhomogenität der jeweiligen Schülerinnen- und Schülerpopulationen aber schwierig und nur auf Basis einer sehr differenzierten Analyse bewertbar. Auf einen Vergleich nach Schulsparten wird hier daher weitgehend verzichtet.

Auch empirische Befunde, die nach Schulkarriere (5. - 8. Schulstufe in einer HS bzw. in einer AHS-Unterstufe) differenzieren, sind nicht frei von überlagerten Effekten: Viele A&A der HS hatten in ihrer weiteren ein- bis zweijährigen Schullaufbahn (bis zum PISA-Test 2003) keinen Mathematikunterricht mehr (PTS, BS, teilweise BMS, teilweise BHS), andere wiederum hatten ein- oder zwei weitere Jahre (z. T. sehr extensiven) Mathematikunterricht (AHS, teilweise BMS und BHS). Wenn man also die Leistungen der öS&S vergleichend nach Schulkarriere betrachtet, so ist mit zu bedenken, dass diese für eine sehr deutliche Mehrheit der A&A der AHS Unterstufe durch einen weiterführenden ein- oder zweijährigen Mathematikunterricht mit beeinflusst sind, während dies für A&A der HS nur in weit geringerem Maße gilt. Dieser Effekt wird allenfalls dadurch ein wenig abgeschwächt, dass sich der PISA-Test Mathematik fast ausschließlich auf Inhalte bezieht, die Gegenstand des Mathematikunterrichts der HS bzw. AHS Unterstufe sind, nicht aber Gegenstand des Mathematikunterrichts in der 9. und 10. Schulstufe (Ausnahmen bilden hier die Stoffgebiete Algebra, Funktionen, z. T. Statistik).

Ein Vergleich der A&A der HS mit jenen der AHS Unterstufe zeigt enorme Unterschiede bei den im PISA-Test 2003 erbrachten mathematischen Leistungen (s. Abb. 11).

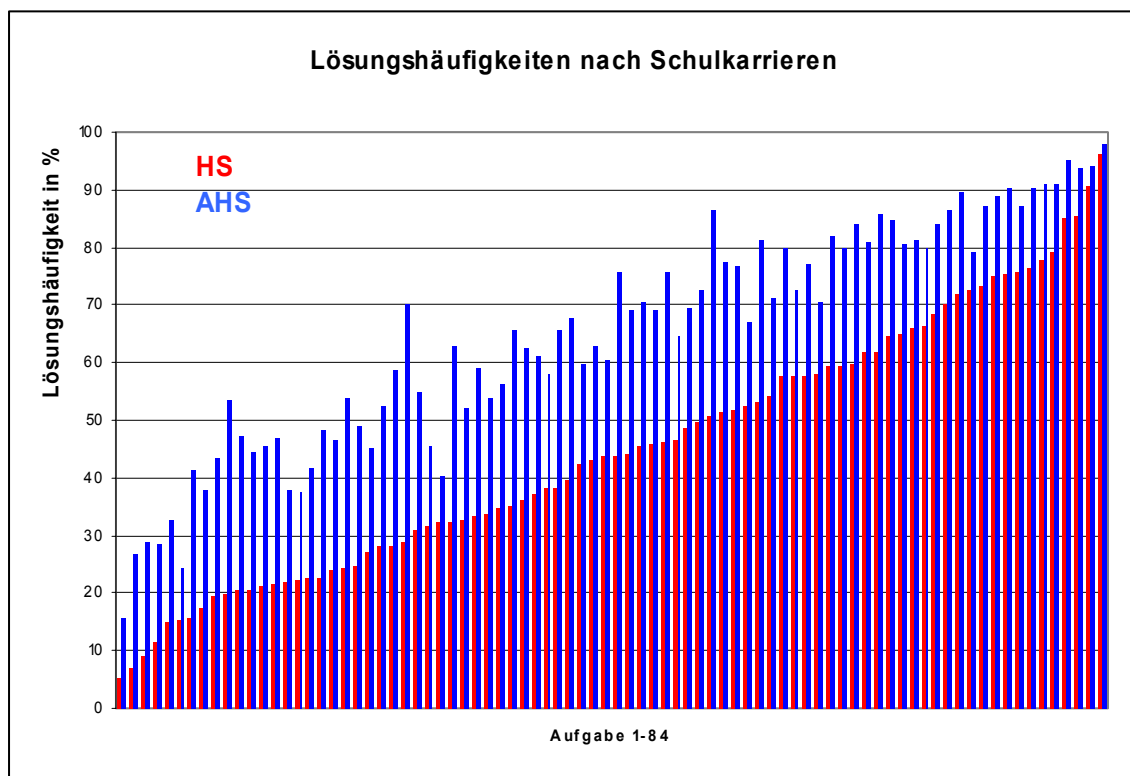


Abb. 11

Bei keiner einzigen Aufgabe erreichen die A&A der HS eine höhere Lösungshäufigkeit als jene der AHS Unterstufe, bei nur sechs (überwiegend einfacheren) der 84 Aufgaben liegt der Unterschied unter 10%, beim Gesamtdurchschnitt beträgt er über 20% (HS 44,8%; AHS 65,0%), also ca. ein Drittel der von den A&A der AHS Unterstufe gezeigten durchschnittlichen Lösungshäufigkeit, bei immerhin sieben Aufgaben beträgt der Unterschied mehr als 30%.

Auch wenn derartige Vergleiche kaum zulässig sind: Die A&A der HS liegen mit ihrer durchschnittlichen Lösungshäufigkeit von 44,8% etwa im Bereich des italienischen Gesamtmittelwerts, die A&A der AHS Unterstufe sehr deutlich (mehr als 5%) über jenem in Finnland.

Abb. 11 lässt auch erkennen, dass sich die Unterschiede in den Lösungshäufigkeiten relativ gleichmäßig auf die Mehrheit der Aufgaben verteilen (mehrheitlich zwischen 15% und 25% liegen), sodass auch kaum ausgeprägte Konzentrationen bezüglich bestimmter Stoffgebiete, Kontexte, Antwortformate oder Kompetenzcluster zu erwarten sind. Tatsächlich zeigen sich überdurchschnittlich große Leistungsunterschiede vor allem bei Funktionen (was kaum überrascht, da diese wesentlicher Gegenstand jedes weiterführenden Mathematikunterrichts sind) und (etwas schwächer) in der Statistik sowie bei Aufgaben mit offenem Antwortformat. Eher überraschend erscheint, dass sich derartige Effekte hinsichtlich der Kompetenzcluster kaum zeigen.

Die hier eher global konstatierten beträchtlichen Leistungsunterschiede zwischen A&A der HS und jenen der AHS Unterstufe werfen viele Fragen und Probleme auf:

Zum einen stellt sich natürlich die Frage, ob A&A der HS mit derart bescheidenen mathematischen Kompetenzen ohne weiterführende mathematische Ausbildung in der Lage sein werden, aktiv und unbehindert am Leben unserer Gesellschaft teilzuhaben, ob sie auf ihr späteres berufliches und privates Leben ausreichend vorbereitet sind, um sich dabei im Sinne des Bildungsanspruchs der Mathematical Literacy als konstruktive und vor allem kritisch reflektierende Bürgerinnen und Bürger engagieren zu können.

Weiters stellt sich auch die Frage, welche Belastung derart mangelhafte mathematische Kenntnisse und Fähigkeiten in verschiedenen Fächern weiterführender Schulen, vor allem aber für einen weiterführenden Mathematikunterricht (in der BHS, teilweise auch in BMS und AHS) darstellen und wie einer solchen Belastung didaktisch sensibel begegnet werden kann. (Den Mathematikunterricht im ersten Jahrgang solch weiterführender Schulen auszusetzen, erscheint in diesem Licht jedenfalls als recht fragwürdige Maßnahme.)

Schließlich ist vor diesem Hintergrund auch die Frage der Gesamtschule, vor allem aber die der Lehrer(innen)bildung zu diskutieren: Aus dem hier dargelegten Leistungsvergleich – wie übrigens auch aus einem Ländervergleich – lassen sich durchaus Argumente gegen eine Gesamtschule konstruieren (Argumente dafür allerdings auch). Vor allem aber sind Bestrebungen, die Lehrer(innen)bildung ganz an die Pädagogischen Hochschulen zu verlegen und dabei die Fächerdifferenzierung aufzugeben, auch vor dem hier dargelegten Hintergrund zu diskutieren und zu begründen.

Kaum bestreitbar scheint hingegen, dass es beträchtlicher, vor allem fachdidaktischer Anstrengungen auf verschiedenen Ebenen bedarf, um diese vor allem in der HS doch sehr unbefriedigende Situation positiv zu verändern.

Leistungsunterschiede zwischen Mädchen und Burschen

Ein Vergleich der durchschnittlichen Lösungshäufigkeiten (w: 48,8%, m: 51,1%) zeigt, dass die Mädchen beim PISA-Test 2003 etwas geringere mathematische Leistungen erbracht haben als die Burschen. Der Unterschied ist allerdings nur schwach ausgeprägt, statistisch nicht signifikant und inhaltlich unbedeutend. Im internationalen Vergleich ist dieses Ergebnis durchaus zufrieden stellend (vgl. dazu auch Haider/Reiter 2004, S. 54-55).

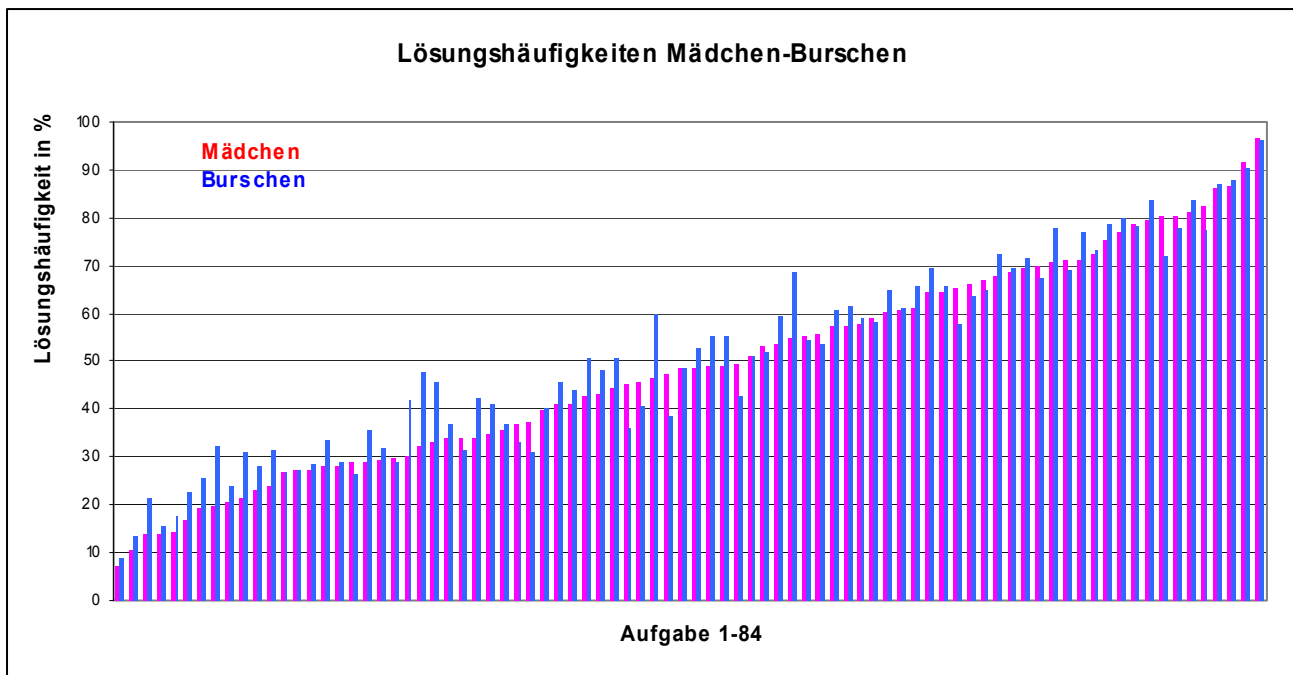


Abb. 12

Vergleicht man die Lösungshäufigkeiten bei den einzelnen Aufgaben so sieht man, dass die Unterschiede nur selten 10% übersteigen und es gar nicht wenige Aufgaben (mehr als ein Viertel) gibt, bei denen die Mädchen besser abgeschnitten haben als die Burschen. Die Unterschiede zugunsten der Burschen sind bei den Aufgaben mittlerer und größerer Schwierigkeit etwas deutlicher ausgeprägt als bei einfacheren Aufgaben – s. Abb. 12.

Weitergehende Analysen machen deutlich, dass sich die für Mädchen und Burschen im Gesamtdurchschnitt unterschiedliche Lösungshäufigkeit von ca. 2,3% relativ stabil in nahezu allen Bereichen zeigt, nur an vier Stellen findet man deutlichere (wenn auch statistisch kaum signifikante) Abweichungen von dieser Tendenz: Die Mädchen zeigten eine um 5,0% (Differenz) geringere durchschnittliche Lösungshäufigkeit im Bereich der Geometrie, eine um 4,0% geringere Lösungshäufigkeit bei Multiple-Choice Aufgaben und eine um 4,4% geringere Lösungshäufigkeit bei Aufgaben aus dem Umfeld Schule/Beruf. Aufgaben aus dem Umfeld Wissenschaft beantworteten die Mädchen um 0,9% häufiger richtig – die einzige bei einer ganzen Aufgabengruppe beobachtbare (allerdings nicht signifikante) Trendumkehr.

Über die Gründe für die Abweichungen im Bereich Aufgabenkontext soll hier nicht spekuliert werden; bei den Multiple-Choice Aufgaben könnte ein weniger vorsichtiges Verhalten („Raten“) den Burschen etwas geholfen haben. Die besseren Ergebnisse der Burschen in der Geometrie könnten auf den Unterricht aus „Darstellende Geometrie“, „Konstruktionsübungen“ o. Ä. zurückzuführen sein, der vorwiegend in von Burschen dominierten BS, BMS und BHS mit technischer Ausrichtung verpflichtend ist.

Im Gesamtergebnis zeigen sich in Österreich also keine großen geschlechtsspezifischen Unterschiede. Sieht man sich jedoch die Stichprobenergebnisse in den einzelnen Schulsparten an, so zeigt sich ein deutlich anderes Bild – s. Abb. 13 (vgl. dazu auch Haider/Reiter 2004, S. 98-99).

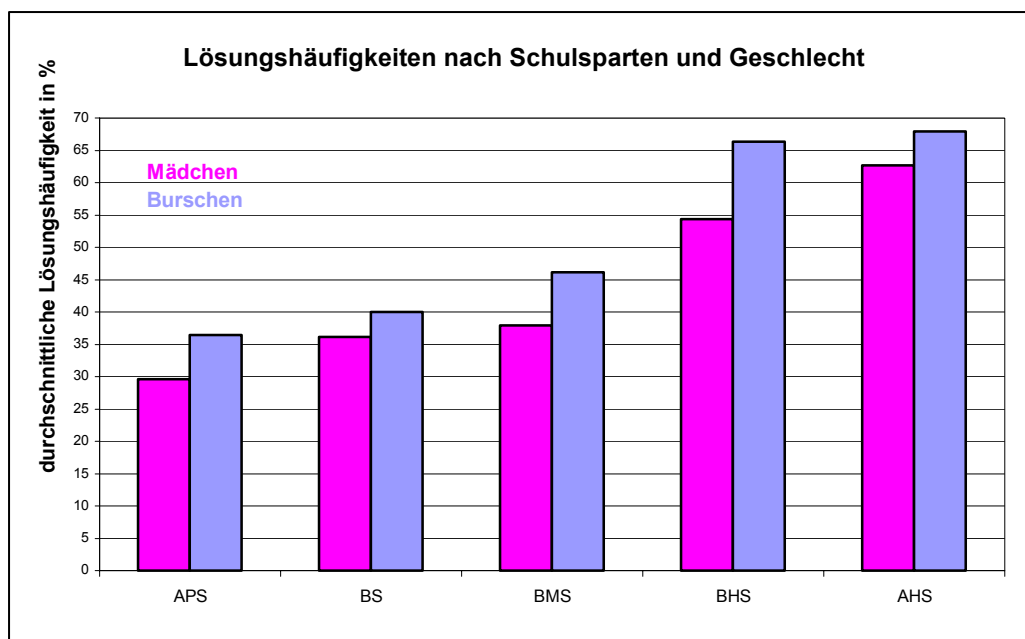


Abb. 13

In jeder Schulsparte liegen die durchschnittlichen Lösungshäufigkeiten der Mädchen recht deutlich unter jener der Burschen (Differenz: APS 6,8%, BS 3,9%, BMS 8,3%, BHS 11,9%, AHS 5,2%), wobei sich die besonders hohen Differenzen im Bereich der BMS und vor allem der BHS wohl durch die unterschiedlichen Ausrichtungen in diesen Schulsparten (von Burschen dominierte, technisch ausgerichtete Schulen bzw. von Mädchen dominierte, wirtschafts-, sozialberuflich oder kunstgewerblich orientierte Schulen), also durch die Heterogenität der unter BHS bzw. BMS subsummierten Schulformen, erklären lassen. Insgesamt scheint somit der Mathematikunterricht in jeder Schulsparte für Mädchen deutlich weniger effizient zu sein als für Burschen.

Wie erklärt es sich dann, dass insgesamt über alle Schulen der geschlechtsspezifische Unterschied deutlich geringer ist?

Eine Erklärung dafür ist, dass jene Schulsparten, in denen höhere mathematische Leistungen erreicht werden (AHS, BHS), von Mädchen insgesamt häufiger genutzt werden als von Burschen. Plakativ ausgedrückt:

Die „Benachteiligung“ (welcher Art auch immer), die Mädchen im Mathematikunterricht jeder Schulsparte erfahren, können sie im Gesamtdurchschnitt durch verstärkten Besuch höherer Schulen zum größten Teil wettmachen.

Zu einigen leistungsfördernden bzw. –hemmenden Faktoren

Interesse, Freude und instrumentelle Motivation (Bedeutung und Relevanz des Faches und seiner Inhalte) gelten in der Regel als leistungsfördernde Faktoren, Angst gilt als leistungshemmender Faktor. Eine solche Annahme ist sicher für eine große Mehrheit von Schülerinnen und Schülern in vielen (nicht notwendigerweise allen) Lernsituationen zutreffend.

Allerdings lassen sich damit – wie gerade auch PISA Mathematik 2003 zeigt – nicht ohne weiteres Leistungsunterschiede größerer Schüler(innen)populationen erklären:

Interesse und Freude an Mathematik (vgl. Haider/Reiter 2004, S. 122-123)

Das Interesse und die Freude an der Mathematik wurde in PISA 2003 durch Zustimmung („stimmt völlig“, „stimmt eher“) zu bzw. Ablehnung („stimmt eher nicht“, „stimmt überhaupt nicht“) der folgenden Aussagen erhoben:

- Ich mag Bücher über Mathematik.
- Ich freue mich auf meine Mathematikstunden.
- Ich beschäftige mich mit Mathematik, weil es mir Spaß macht.
- Ich interessiere mich für Dinge, die wir in Mathematik lernen.

Die Zuverlässigkeit dieser Skala wird von Expert(inn)en als sehr hoch eingeschätzt. Die Antworthäufigkeiten in Österreich sowie innerhalb der OECD sind aus den Abbildungen 14 - 17 ersichtlich.

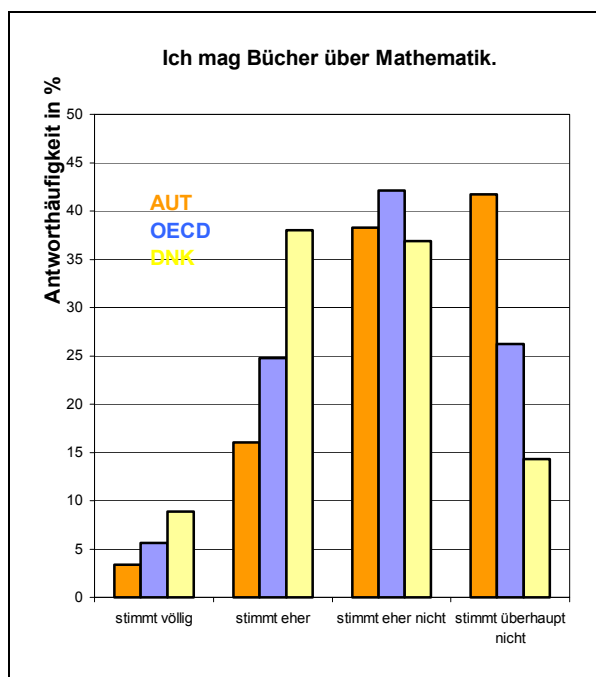


Abb. 14

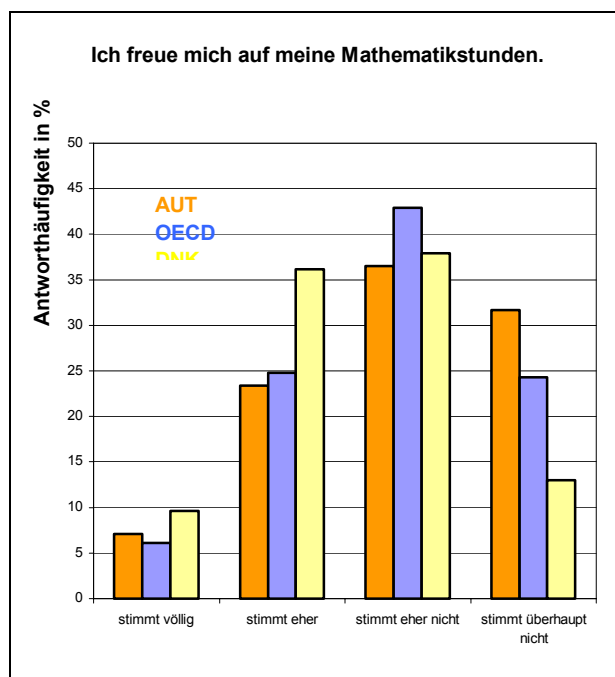


Abb. 15

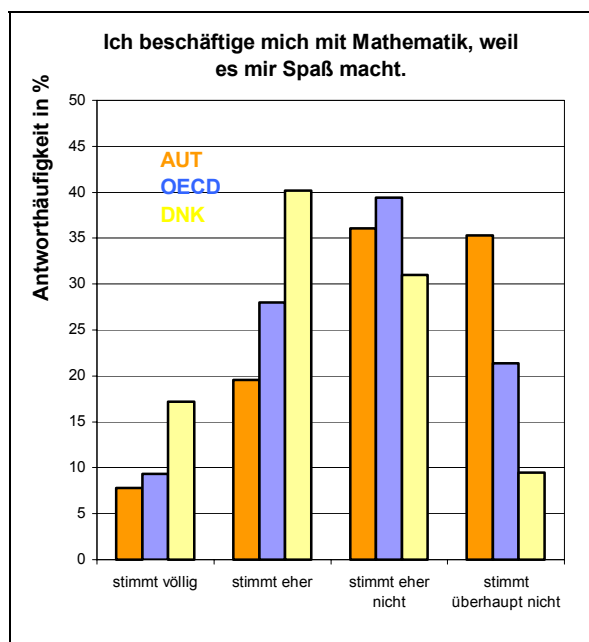


Abb. 16

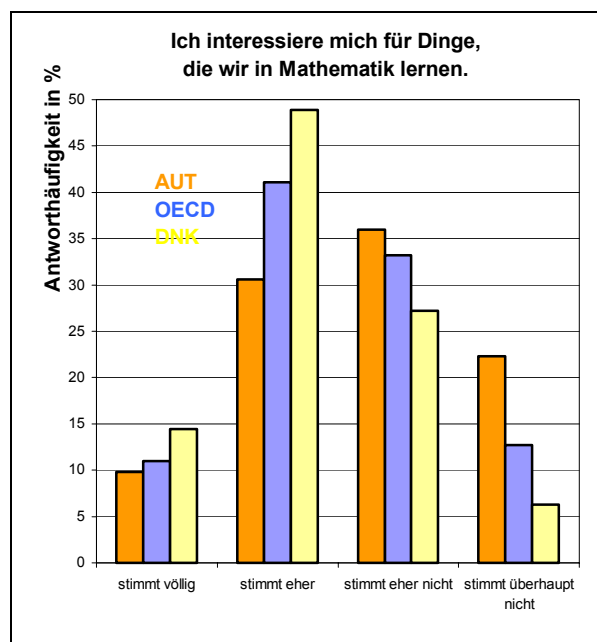


Abb. 17

Bemerkenswert sind dabei vor allem die (OECD-weit) geringe Zustimmung zu allen vorgelegten Aussagen und die durchwegs hohen Raten starker Ablehnung („stimmt überhaupt nicht“) in Österreich. Das Beispiel Dänemark (mit ähnlich durchschnittlichen Leistungen wie Österreich) zeigt, dass bei Interesse und Freude an der Mathematik auch deutlich günstigere Rückmeldungen erreichbar sind.

Im internationalen Vergleich zeigen die öS&S besonders wenig Interesse und Freude an der Mathematik (im Sinne des o. a. PISA-Konstrukts). Allerdings ist die Situation auch beim „Testsieger“ Finnland kaum besser, während etwa die deutlich leistungsschwächeren italienischen Schülerinnen und Schüler offenbar sehr viel mehr Interesse und Freude an der Mathematik entwickeln. Ähnliches gilt auch für die leistungsmäßig mit Österreich gut vergleichbaren Länder Deutschland und Schweden, ganz besonders aber auch für Dänemark.

Differenziert man innerhalb der öS&S nach Schulsparten oder Schulkarrieren, so zeigt sich, dass gerade die tendenziell leistungsstärkeren Schülerinnen und Schüler mit AHS-Unterstufe sowie jene in den tendenziell leistungsstärkeren Schulsparten (vor allem AHS und BHS) besonders wenig Interesse und Freude erkennen lassen.

Bemerkenswert ist in Österreich auch der sehr große Unterschied zwischen Mädchen und Burschen (ähnlich in der Schweiz und in Deutschland), wobei die Mädchen obige Aussagen besonders häufig ablehnen.

Differenziert man nach den bei PISA 2003 gezeigten Mathematikleistungen, so zeigen zwar die 15% der nach PISA leistungsstärksten öS&S etwas mehr Interesse und Freude an der Mathematik (etwa dem OECD-Durchschnitt entsprechend) als ihre leistungsschwächeren Mitschülerinnen und Mitschüler, aber zwischen den Schülerinnen und Schülern mit mittlerer Leistung und jenen mit sehr schwachen Leistungen sind praktisch keine Unterschiede erkennbar. Wie in Haider/Reiter 2004, S. 136f, dargestellt wird, zeigt eine einfache Korrelationsanalyse einen nur sehr geringen positiven Zusammenhang zwischen Interesse/Freude und mathematischer Leistung, eine multiple lineare Regressionsanalyse mit simultanen Einschluss aller Faktoren liefert sogar einen negativen Wert. Letzteres bedeutet, dass unter allen öS&S jene mit größerem Interesse und größerer Freude an der Mathematik tendenziell eine geringere Mathematikleistung aufweisen. Auch wenn dieser negative Zusammenhang selbstverständlich nicht (mono-)kausal interpretiert werden kann, sollte er doch zumindest davon abhalten, die PISA-Daten voreilig als Belege für die leistungsfördernde Wirkung von Interesse und Freude oder das mangelnde Interesse und die geringe Freude an der Mathematik als Ursache für die bescheidenen Leistungen der öS&S anzuführen.

Instrumentelle Motivation in Mathematik (vgl. Haider/Reiter 2004, S. 124-125)

Die instrumentelle Motivation wurde in PISA 2003 durch Zustimmung („stimmt völlig“, „stimmt eher“) zu bzw. Ablehnung („stimmt eher nicht“, „stimmt überhaupt nicht“) der folgenden Aussagen erhoben:

- Sich in Mathematik anzustrengen lohnt sich, weil es hilfreich für die Arbeit ist, die ich später machen möchte.
- Für mich lohnt sich das Mathematiklernen, weil es meine Karrierechancen erhöht.
- Für mich ist Mathematik ein wichtiges Fach, weil ich es für mein späteres Studium benötige.
- Ich werde viele Dinge in Mathematik lernen, die mir helfen, einen Job zu finden.

Die Skalenreliabilität wird von Expert(inn)en sehr hoch eingeschätzt.

Die Antworthäufigkeiten in Österreich sowie innerhalb der OECD sind aus den Abbildungen 18 – 21 ersichtlich.

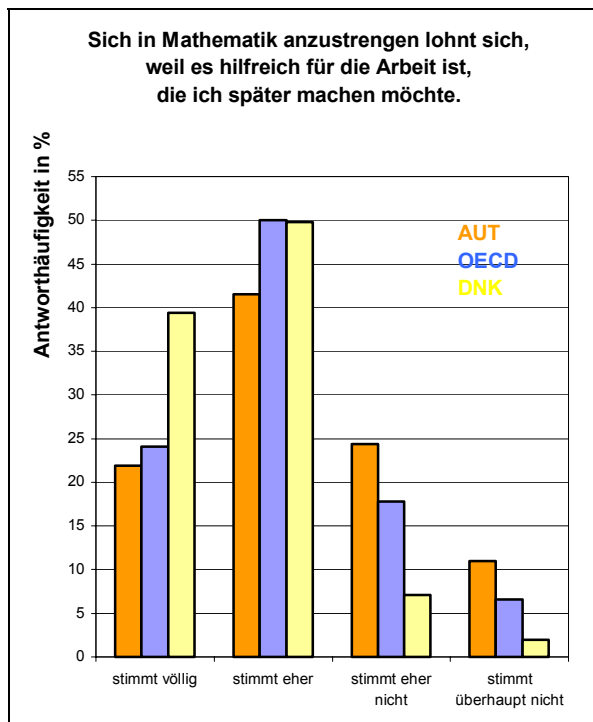


Abb. 18

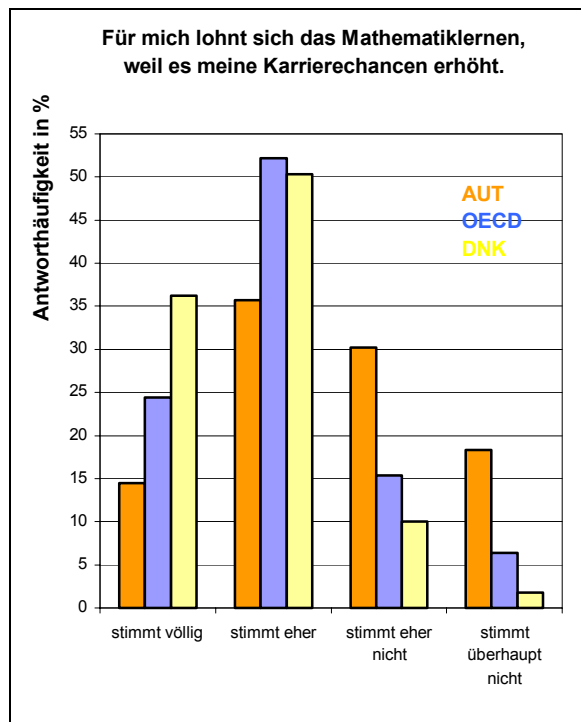


Abb. 19

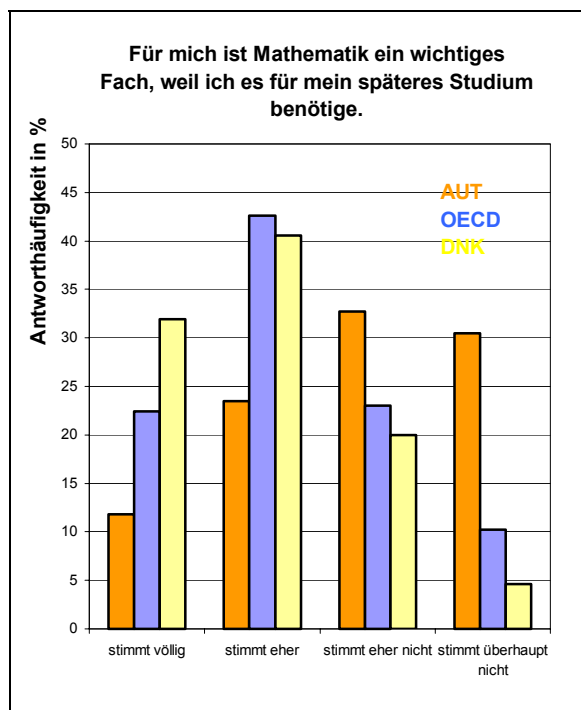


Abb. 20

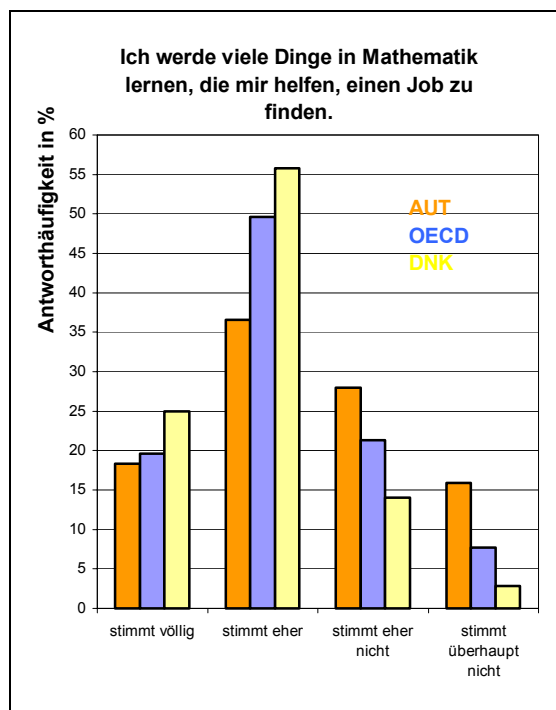


Abb. 21

Bemerkenswert erscheint die OECD-weit hohe Zustimmung (zwischen 65% und 77%) zu allen vier Aussagen. Von den öS&S wird diesen Aussagen deutlich seltener zugestimmt, bei der Relevanz der Mathematik für die Karrierechancen (Aussage 2 – Abb. 19) und für ein späteres Studium (Aussage 3 – Abb. 20) sind die Unterschiede besonders stark ausgeprägt.

Auch hier, bei der instrumentellen Motivation, erweist sich Dänemark mit Zustimmungswerten zwischen 75% und 90% als vorbildlich.

Im internationalen Vergleich zeigen die öS&S in Mathematik besonders wenig instrumentelle Motivation (im Sinne des o. a. PISA-Konstrukts). Allerdings gibt es auch hier deutlich leistungsstärkere Länder wie die Niederlande und Belgien, die kaum höhere Zustimmungshäufigkeiten aufweisen, während deutlich leistungsschwächere Länder wie Italien und Ungarn auf höhere Zustimmungsraten kommen. Wie schon bei Interesse und Freude finden auch die vorgelegten Aussagen zur instrumentellen Motivation in Dänemark besonders hohe Zustimmung.

Differenziert man innerhalb der öS&S nach Schulsparten oder Schulkarrieren, so zeigt sich, dass gerade die tendenziell leistungsstärkeren Schülerinnen und Schüler in der AHS bzw. mit AHS-Unterstufe besonders selten instrumentelle Motivation erkennen lassen.

Bemerkenswert ist auch hier der sehr große Unterschied zwischen Mädchen und Burschen (ähnlich in der Schweiz), wobei die Mädchen besonders geringe instrumentelle Motivation zeigen.

Differenziert man nach den bei PISA 2003 gezeigten Mathematikleistungen, so fällt bei Österreich (wie auch bei der Schweiz) als Besonderheit auf, dass sich bezüglich instrumenteller Motivation kaum Unterschiede zwischen den leistungsstarken und den leistungsschwächeren öS&S erkennen lassen. Wie in Haider/Reiter 2004, S. 136f, näher ausgeführt wird, zeigt eine einfache Korrelationsanalyse einen nur minimalen, nicht signifikanten positiven Zusammenhang zwischen instrumenteller Motivation und mathematischer Leistung, eine multiple lineare Regressionsanalyse mit simultanem Einschluss aller Faktoren liefert sogar einen negativen Wert. Letzteres bedeutet, dass unter allen öS&S jene mit geringerer instrumenteller Motivation tendenziell eine höhere Mathematikleistung (im Sinne des PISA Tests) aufweisen. Auch wenn dieser negative Zusammenhang selbstverständlich nicht (mono-)kausal interpretiert werden kann, sollte er doch zumindest davon abhalten, die mangelnde instrumentelle Motivation voreilig als Ursache für die bescheidenen Mathematikleistungen der öS&S anzuführen.

Angst vor Mathematik (vgl. Haider/Reiter 2004, S. 128-129)

Angst vor der Mathematik wurde in PISA 2003 durch Zustimmung („stimmt völlig“, „stimmt eher“) zu bzw. Ablehnung („stimmt eher nicht“, „stimmt überhaupt nicht“) der folgenden fünf Aussagen zu erheben versucht:

- Ich mache mir oft Sorgen, dass es für mich im Mathematikunterricht schwierig sein wird.
- Ich bin sehr angespannt, wenn ich Mathematik-Hausübungen machen muss.
- Beim Lösen von mathematischen Aufgaben werde ich ganz nervös.
- Ich fühle mich beim Lösen von Mathematikaufgaben hilflos.
- Ich mache mir Sorgen, dass ich in Mathematik schlechte Noten bekommen werde.

Die Skalenreliabilität wird von Expert(inn)en sehr gut beurteilt.

Die Antworthäufigkeiten in Österreich sowie innerhalb der OECD sind aus den Abbildungen 22 – 26 ersichtlich.

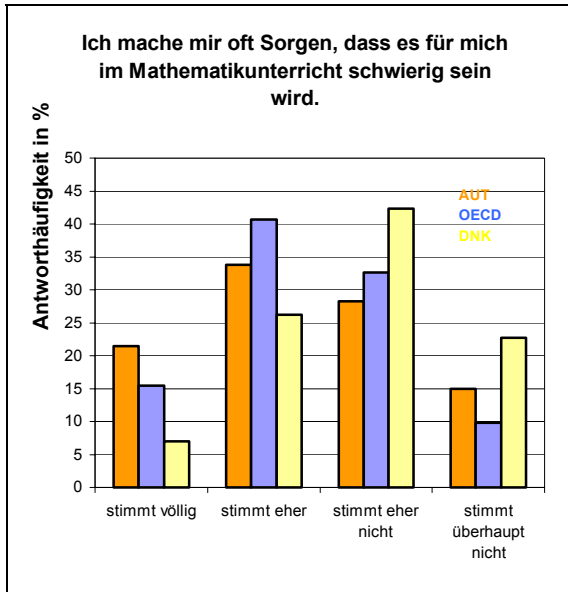


Abb. 22

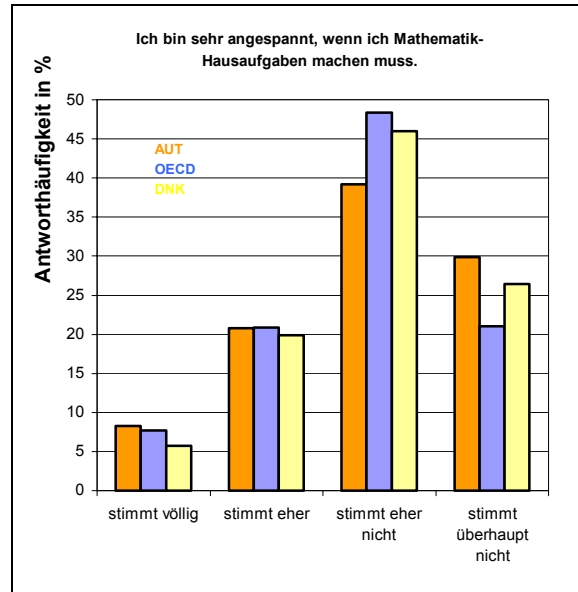


Abb. 23

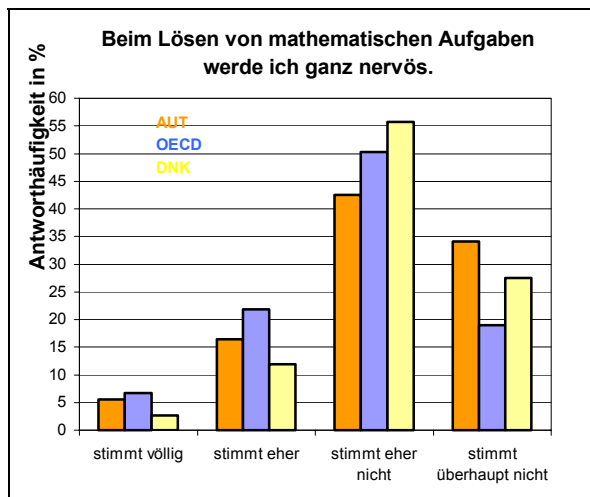


Abb. 24

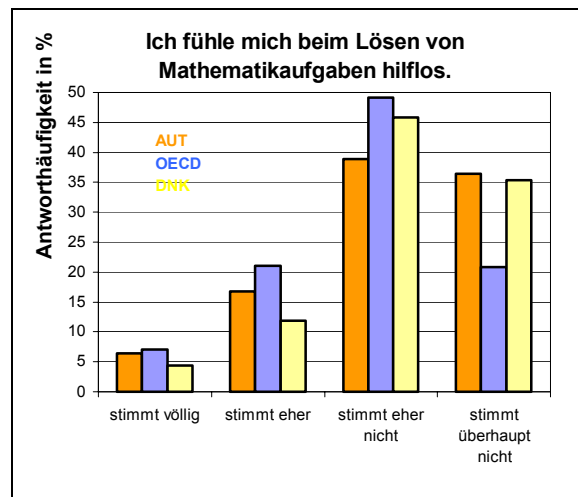


Abb. 25

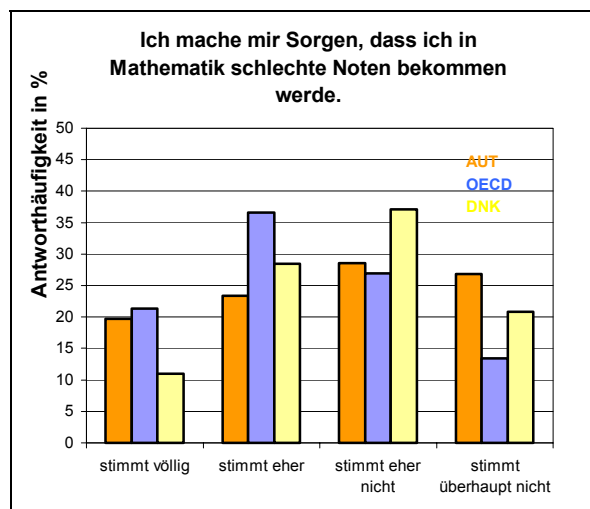


Abb. 26

Erfreulicherweise ist Angst vor der Mathematik unter öS&S deutlich seltener feststellbar als im OECD-Durchschnitt. Die relativ günstigen österreichischen Werte sind insbesondere darauf zurückzuführen, dass es in Österreich einen besonders hohen Anteil an Schülerinnen und Schülern gibt, die obige Aussagen stark zurückweisen („stimmt überhaupt nicht“). Bei vier der fünf vorgelegten Aussagen übertrifft dieser Anteil sogar jenen in Dänemark, das (neben Schweden) auch hinsichtlich des Faktors Angst als europäisches Vorbild gelten kann. Interessant ist weiters, dass sich die Angst vor der Mathematik insbesondere als Sorge bezüglich schlechter Noten und als Sorge, dass es im Mathematikunterricht schwierig werden könnte, ausdrückt, während die vorherrschende schulmathematische Tätigkeit, nämlich das Lösen von Aufgaben, deutlich weniger Angst macht.

Im internationalen Vergleich fällt neben den relativ günstigen Werten in Österreich (vergleichbar mit Deutschland, der leistungsstärkeren Schweiz oder auch Finnland) vor allem auf, dass nicht nur das leistungsschwache Italien hier ungünstige Ergebnisse erzielt, sondern dies auch für das leistungsstarke Belgien sowie die leistungsmäßig mit Österreich vergleichbaren Länder Slowakei und Irland gilt. Auf Länderebene ist also kaum ein Zusammenhang zwischen Leistung und Angst herstellbar.

Ähnlich ist die Situation bezüglich der Schulsparten, wo sich zwar ungünstigere Stichprobenwerte für BS, BMS und BHS, jedoch keine signifikanten Unterschiede erkennen lassen. Deutliche Zusammenhänge sind hingegen zwischen Angst und Schulkarriere feststellbar: öS&S mit Hauptschule haben signifikant mehr Angst vor der Mathematik als jene öS&S, die die Unterstufe der AHS besucht haben. (Bedenkt man die großen Leistungsunterschiede zwischen HS und AHS-Unterstufe, so hat diese Angst wohl auch sehr realistische Grundlagen.)

Recht deutlich sind (in den meisten Ländern) auch die Unterschiede zwischen Burschen (die seltener Angst empfinden) und Mädchen, wobei die österreichischen Mädchen aber immer noch weniger Angst zeigen als der OECD-Gesamtdurchschnitt.

Beobachtet man das Auftreten von Angst differenziert nach den im PISA-Test gezeigten mathematischen Leistungen, so zeigen sich – wenig überraschend und in durchaus realistischer Selbsteinschätzung der Schülerinnen und Schüler – doch deutliche Unterschiede: Schülerinnen und Schüler mit guten Testergebnissen haben deutlich weniger Angst als jene mit durchschnittlichen Ergebnissen, bei den leistungsschwächsten Schülerinnen und Schülern ist die Angst vor der Mathematik am stärksten ausgeprägt. (Die öS&S dieser leistungsschwächsten Gruppe zeigen ein etwa dem OECD-Gesamtdurchschnitt entsprechendes Ausmaß an Angst.)

Ingesamt lässt sich also sagen, dass Angst vor der Mathematik (anders als Interesse/Freude und instrumentelle Motivation) kein Problem ist, das in Österreich besonders stark auftritt, eher das Gegenteil ist der Fall.

Das ändert natürlich nichts daran, dass die Reduktion von Angst bei Lernenden eine permanente pädagogische und didaktische Herausforderung darstellt, wobei in Österreich vor allem Mädchen sowie den leistungsschwächeren (Haupt-)Schülern besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden sollte.

Literatur

PISAMEG (2004): PISA 2003 – Interpretation der Ergebnisse in Mathematik aus der Sicht der Fachdidaktik und Unterrichtspraxis. Typoskript, Wien, 2 S.

Haider, G. und Reiter, C. (Hrsg.) (2004): PISA 2003. Internationaler Vergleich von Schülerleistungen. Nationaler Bericht. Graz, Leykam.