Prof. Dr. Hans-Dietrich Gronau
Universität Rostock, FB Mathematik
18051 Rostock
Tel.: (0381) 4986600
e-mail: gronau@mathematik.uni-rostock.de
Delegationsleiter der deutschen Mannschaft

Rostock, den 30. Juli 2003

Bericht

über die

44. Internationale Mathematik-Olympiade (IMO)
Tokio, Japan, 2003

Die 44. Internationale Mathematik-Olympiade fand vom 7.-19. Juli in Tokio, Japan, statt. Mit 82 Ländern und 457 Teilnehmern wurden die Teilnahmerekorde nur knapp verfehlt. Bisher gab es 5 IMOs mit mindestens 80 Teilnehmerländern: 84 in Großbritannien 2002, 83 in den USA 2001, 82 in Argentinien 1997 und Südkorea 2000 sowie 81 in Rumänien 1999. Der Rekord bezüglich der Teilnehmerzahl liegt bei 479 aus dem Jahre 2002.
Die deutsche Mannschaft bestand aus 6 Schülern, s. Tabelle 1, dem Berichterstatter als Delegationsleiter und Arend Bayer (Bonn) als stellvertretendem Delegationsleiter.

Name	Wohnort	Schule	Klasse
Richard Bamler	Gilching	C.-Probst-Gym. Gilching	12
Peter Eberhard	Zittau	C.-Weise-Gym. Zittau	12
Friedrich Feuerstein	Heidelberg	Helmholtz-Gym. Heidelberg	9
Christian Reiher	Scheyern	Schyren-Gym. Pfaffenhofen	13
Alex Schreiber	Kolbermoor	Gym. Bad Aibling	13
Michael Tyomkyn	Augsburg	Gym. Königsbrunn	13

Tabelle 1: Die deutsche Mannschaft

1 Auswahl und Vorbereitung der deutschen Mannschaft

Die Auswahl und Vorbereitung der deutschen Mannschaft verlief nach dem Verfahren der Vorjahre. 135 Schülerinnen und Schüler qualifizierten sich durch die erfolgreiche Teilnahme an der 2. Runde des Bundeswettbewerbs Mathematik oder an der Deutschland-Olympiade, der 4. Stufe der Mathematik-Olympiaden, für 2 Auswahlklausuren, die Anfang Dezember 2002 geschrieben wurden. 122

dieser Schülerinnen und Schüler nahmen hieran teil. Die 16 erfolgreichsten Klausurteilnehmer bildeten den Kandidatenkreis für die deutsche Mannschaft. Unter diesen 16 waren 4 Mädchen, eine ungewöhnlich hohe Zahl im Vergleich zu den Vorjahren. Für die Kandidaten gab es Seminare an einem verlängerten Wochenende in Rostock (6 Tage, unter Leitung des Berichterstatters), 3 Wochenenden in Bad Homburg (jeweils 2 Tage) und die traditionelle Abschlusswoche in Oberwolfach (7 Tage, unter Leitung von Prof. A. Engel). Während dieser Zeit wurden insgesamt 7 Klausuren von allen Kandidaten geschrieben. Da sich danach um die Plätze 5-7 keine klare Rangfolge ergab, waren Stichklausuren notwendig. Die 6 Besten qualifizierten sich für die IMO-Mannschaft, s. Tabelle 1.
Die Seminare wurden von folgenden Mentoren geleitet: Dr. W. Bannuscher (U Rostock), A. Bayer (U Bonn), Prof. A. Engel (U Frankfurt), Prof. Dr. K. Engel (U Rostock), Prof. Dr. H.-D. Gronau (U Rostock), Dr. M. Härterich (U Wuppertal), Dr. T. Kleinjung (MPI Bonn), Dr. R. Labahn (U Rostock), Dr. U. Leck (U Rostock), Dr. E. Müller (München), Prof. Dr. J. Prestin (U Lübeck), Prof. Dr. E. Quaisser (U Potsdam), G. Vogel (U Bonn).
Die gesamte organisatorische Vorbereitung und Durchführung der Klausuren, der Seminare, der Reise etc. wurden wiederum vom IMO-Organisationsbüro unter Leitung von Herrn H.-H. Langmann in gewohnt perfekter Weise abgewickelt. Ihm sei herzlich gedankt.

2 Der Ablauf der 44. IMO

Der Berichterstatter reiste am 6.-7. Juli an. Die Schüler und der stellvertretende Delegationsleiter folgten am 10.-11. Juli. Die Unterbringung und der Wettbewerb fanden im National Olympics Memorial Youth Center, dem Olympischen Dorf der Olympische Spiele von 1964, statt. Lediglich während der Zeit von der Ankunft der Schüler bis zum Ende der Klausuren wohnten die Delegationsleiter im Prince-Hotel in Makuhari.
Die Eröffnungszeremonie fand am 12. Juli im großen Saal des National Olympics Memorial Youth Centers statt. Neben verschiedenen kurzen Reden standen vor allem die Teilnehmer im Mittelpunkt, die sich in einer Parade vorstellten.
Am 13. und 14.7. wurden vormittags die beiden $4\frac{1}{2}$-stündigen Klausuren geschrieben. Die Klausurbedingungen waren sehr gut. Am 15. und 16.7. wurden die Schülerlösungen nach der Durchsicht durch die Delegationsleitungen in der Koordination mit Experten des gastgebenden Landes, den Koordinatoren, bewertet. Auf der Abschlussjurysitzung am Abend des 16.7. wurde über die Vergabe der Preise entschieden.
Schließlich wurde am 18.7. die Olympiade durch die Abschlusszeremonie mit der Übergabe der Medaillen und einem anschließenden Closing Banquet beendet. Ein besonderer Höhepunkt der Preisverleihung war die Anwesenheit Ihrer Kaiserlichen Hoheit, des Kronprinzen von Japan.
Für die Schüler wurde ein abwechslungsreiches Freizeit- und Besichtigungsprogramm geboten, u.a. mit einem Besuch des Disney-Parks Tokio. Für die Delegationsleitungen gab es eine Exkursion nach Yokohama, leider war es aber kein gemeinsamer Ausflug mit den Schülern.
Der Guide für das deutsche Team war der Jura-Student Michael Kobler (U Freiburg), der ein Jahr in Japan verbrachte. Er betreute unser Team in sehr engagierter Weise. Auch ihm sei herzlich dafür gedankt.

Eine besondere und seltene Wertschätzung erfuhr das Team durch die Einladung des Botschafters der Bundesrepublik Deutschland in Japan zum Mittagessen am 15.7. in seine Residenz.
Am 19.7. erfolgte für die eine Hälfte des Teams die Rückreise, die andere Hälfte hängte noch einige Urlaubstage in Japan an.

3 Der Wettbewerb

An der 44. IMO nahmen 82 Länder mit 457 Schülern teil.
Die Ergebnisübersicht befindet sich in Anlage B.
Von den Ländern, die an der IMO 2002 in Großbritannien teilgenommen hatten, waren mit Ausnahme von Guatemala und Tunesien alle wieder präsent.
Erstmals waren Mosambik und Saudi-Arabien mit je einem Beobachter vertreten. Ab dem nächsten Jahr wollen beide Länder mit Teams teilnehmen.
Die internationale Jury, bestehend aus den 82 Delegationsleitern und einem Chairman des veranstaltenden Landes, begann am 8. Juli mit ihrer Arbeit. Als Chairman fungierte Prof. Dr. Yuji Ito.
Jedes teilnehmende Land hat das Recht, Aufgabenvorschläge einzureichen. In diesem Jahr wurden über 100 Aufgaben aus 38 Ländern den Veranstaltern zugesandt. Eine Aufgabenkommission wählte hieraus im Vorfeld 27 Aufgaben aus, die die Grundlage für die Arbeit der Jury bildeten. Die Jury bestimmte nach langen Diskussionen schließlich 6 dieser Aufgaben für die beiden Klausuren, die einerseits eine gute Mischung nach Schwierigkeitsgrad und mathematischen Gebieten sein sollen, andererseits aber auch möglichst keine 'Standard'-Lösungen zulassen.
In der Aufgabenkommission und in der Gruppe der rund 60 Koordinatoren befanden sich sehr viele ehemalige IMO-Teilnehmer.
Anschließend wurden die Aufgaben in die offiziellen Sprachen Englisch, Deutsch, Französisch, Russisch und Spanisch übersetzt und von der Jury bestätigt. Jeder Schüler erhält die Aufgaben in der Muttersprache und einer zweiten Sprache seiner Wahl. Demgemäß erarbeiteten die entsprechenden Delegationsleiter die Übersetzungen in die restlichen 50 Sprachen. Auch alle diese Versionen wurden nach Prüfung durch die Jury bestätigt. Insgesamt standen die Aufgaben in 55 Sprachversionen zur Verfügung.
Die Arbeitsbedingungen der Jury waren sehr gut.
Die Aufgaben befinden sich in der Anlage A.
Die Olympiade wird als bisher fünftschwerste in die Geschichte eingehen. So wurden durchschnittlich 13.1 Punkte (von 42), d.h. 31.2 %, erreicht. Die schwerste Olympiade war 1971 in der ČSSR mit 28 %. Es folgen 1996 in Indien mit 29.7 %, 1993 in der Türkei mit 30.0 % und 2001 in den USA mit 30.5 %.
Die Olympiade war auch für die Spitzenteams sehr schwer. Zwar erreichten 3 Schüler die volle Punktzahl (1 aus China, 2 aus Vietnam), aber es gab je nur einen mit 41 bzw. 40 und keinen mit 39 Punkten ! Die Aufgaben 3 und 6 erwiesen sich als wirklich harte Brocken, auch für die besten Mannschaften. So wurde die Aufgabe 3 nur von 22 und die Aufgabe 6 von 24 Schülern gelöst ! Auch sind die Grenzen für die Silber- und Goldmedaillen besonders niedrig !
Ein historisches Ergebnis konnte unser Schüler Christian Reiher erreichen. Im exklusiven 'Club der IMO-Teilnehmer mit mindestens 3 Goldmedaillen' (s. unsere Webpage www.Mathematik-Olympiaden.de) gibt es nur 23 Einträge. Dar-

unter gab es bisher nur einen einzigen Schüler, nämlich den Amerikaner Reid Barton, der es 1998-2001 auf 4 Goldmedaillen brachte. Christian Reiher konnte dieses Ergebnis noch toppen. Er erreichte 4 Goldmedaillen (2000-2003) und eine Bronzemedaille (1999) und ist damit der erfolgreichste Teilnehmer in der 44-jährigen IMO-Geschichte mit mehr als 10 000 Teilnehmern !
Das Reglement, das seit vielen Jahren festgeschrieben ist, sieht vor, dass nicht mehr als die Hälfte der Teilnehmer einen Preis erhält und dass die Anzahl der 1., 2. und 3. Preise möglichst das Verhältnis 1:2:3 aufweisen sollte. Die diesjährigen Punktgrenzen werden in Tabelle 2 angegeben.
In den Vorjahren war die Jury manchmal großzügig und vergab an etwas mehr als 50 % der Teilnehmer eine Medaille, wenn dadurch eine deutlich bessere Approximation gelang. In diesem Jahr war die Jury sehr hart. Wäre die Grenze für Bronze bei 12 Punkten gewesen, so hätten 230 Teilnehmer (50.3 %), also $1\ \frac{1}{2}$ Schüler zu viel, einen Preis bekommen. Weil der Juryvorsitzende einen derartigen Abstimmungsantrag ablehnte, da dieser Vorschlag nicht konform zum Reglement war, wurde die Grenze schließlich bei 13 Punkten festgelegt, so dass in diesem Jahr 210 Teilnehmer einen Preis erhielten, also nur 46.0 %. Diese Entscheidung betraf auch einen unserer Schüler unmittelbar.

37	Goldmedaillen	für	$\geq$	29 Punkte (von 42)
69	Silbermedaillen	für	$\geq$	19 Punkte
104	Bronzemedaillen	für	$\geq$	13 Punkte
210	Medaillen	bei	457	Teilnehmern

Tabelle 2: Die Punktgrenzen für die Preise

Es gab keine Sonderpreise.

4 Die deutsche IMO-Mannschaft

Das Ergebnis der deutschen Mannschaft wird in Tabelle 3 mitgeteilt. Obwohl die IMO ein Einzelwettbewerb ist und es keine offizielle Länderwertung gibt, wird immer wieder gerade nach dieser Rangfolge gefragt, s. Anlage B. Besonders hervorzuheben ist, dass Bulgarien erstmalig gewann. Dabei beeindruckt die erreichte Punktzahl von Bulgarien, die mehr als das Doppelte unserer Mannschaft beträgt.

Name	Punkte	Preis
Christian Reiher	36	Gold
Richard Bamler	20	Silber
Michael Tyomkyn	19	Silber
Peter Eberhard	15	Bronze
Alex Schreiber	12	-
Friedrich Feuerstein	10	-

Tabelle 3: Die Ergebnisse der deutschen Mannschaft

Mit dem 17. Platz der deutschen Mannschaft konnte der Aufwärtstrend nach einem 20. Platz 2000, einem 14. Platz 2001 und einem 10. Platz 2002 leider nicht fortgesetzt werden. Sehr erfreulich ist allerdings, dass Christian Reiher seine 4.

Goldmedaille gewann, s.o. Er selbst hat also wiederum ganz wesentlichen Anteil am Ergebnis unseres Teams.
Alex Schreiber und Friedrich Feuerstein erhielten für die vollständige Lösung einer Aufgabe (7 Punkte) eine 'Honourable Mention'.
Für fünf Schüler war es ihre letzte IMO, nur Friedrich Feuerstein kann sich wieder qualifizieren, denn er kommt erst in die 10. Klasse.
Eingedenk der intensiven Anstrengungen vieler anderer Länder, u.a. auch von Großbritannien, und einem fast unerfahrenen Team ist für das nächste Jahr wahrscheinlich nicht mit einer besseren Platzierung zu rechnen.
Der Vergleich der erreichten Ergebnisse (in Prozent) aller IMO-Teilnehmer, der Schüler der Top-10-Mannschaften sowie der deutschen Mannschaft gibt Aufschluss darüber, wie unsere Schüler die Aufgaben im Vergleich bewältigten, s. Tabelle 4.

Aufgabe	Gebiet	alle	Top 10	deutsches Team
1	Kombinatorik	50.8%	87.4%	54.8%
2	Zahlentheorie	32.9%	73.8%	57.1%
3	Geometrie	5.8%	29.0%	33.3%
4	Geometrie	66.2%	95.5%	83.3%
5	Ungleichungen	23.0%	71.2%	14.3%
6	Zahlentheorie	8.3%	37.6%	23.8%
alle		31.2%	65.8%	44.4%

Tabelle 4: Die Ergebnisse bezüglich der einzelnen Aufgaben

Erfreulich ist, dass unsere Mannschaft mit den Geometrie-Aufgaben gut zurechtkam. Unerklärlich ist das schwache Abschneiden bei der Aufgabe 5.

5 Ausblick

Die gegenwärtige Situation über die Ausrichtung der nächsten IMOs ist in Tabelle 5 angegeben.

Jahr	Land	Ort	Zeitraum
2004	Griechenland	Athen	4.-18.7.2004
2005	Mexiko	Cancun	
2006	Slowenien	Ljubljana	
2007	Vietnam	Hanoi	

Tabelle 5: Die nächsten IMOs

Auch für die Jahre nach 2007 gibt es Interessenten. Es sei daran erinnert, dass der Berichterstatter 2001 die Absicht der Bundesrepublik Deutschland für die Ausrichtung der IMO 2009, also 20 Jahre nach Braunschweig, offiziell bekunden konnte.

6 IMO-Advisory-Board

Während der IMO fanden traditionell gemeinsame Sitzungen der Jury mit dem IMO-Advisory-Board statt. Auf dem Programm standen u.a. die Bestätigung

der IMO 2007 in Vietnam und die Vorbereitung der Neuwahlen des Sekretärs und eines Mitgliedes des Boards 2004.
Die Zusammensetzung des IMO-Advisory-Boards nach der Wahl ist in Tabelle 6 angegeben.

Funktion	Name	Land	Amtszeit
Vorsitzender	Dr. J. Pelikan	Ungarn	bis 2006
Sekretär	Prof. J. Webb	Südafrika	bis 2004
Mitglied	Prof. N. Agakhanov	Russland	bis 2004
Mitglied	Dr. T. Andreescu	USA	bis 2006
Mitglied	Dr. F. Ardila	Kolumbien	bis 2006
ex officio IMO 2003	Prof. R. Ito	Japan	bis 2004
ex officio IMO 2004	Prof. N. Alexandris	Griechenland	bis 2005
ex officio IMO 2005	Dr. M. Perez Segui	Mexiko	bis 2006
ex officio IMO 2006	Dr. G. Dolinar	Slowenien	bis 2007

Tabelle 6: Die Mitglieder des IMO-Advisory-Board

7 IMO-Informationen

Für weitere Informationen über IMOs und andere mathematische Schülerwettbewerbe sei auf die Webpage

http://www.Mathematik-Olympiaden.de

des Mathematik-Olympiaden e.V. hingewiesen.

A Aufgaben der 44. IMO

1. Tag

1. Es sei A eine Teilmenge der Menge $S = \{1, 2, \ldots, 1\,000\,000\}$ mit genau 101 Elementen. Man beweise, dass Zahlen $t_1, t_2, \ldots, t_{100}$ in S existieren, so dass die Mengen

$$A_j = \{x + t_j \mid x \in A\} \quad \text{für } j = 1, 2, \ldots, 100$$

paarweise disjunkt sind ! (Brasilien)

2. Man bestimme alle Paare (a, b) positiver ganzer Zahlen, so dass

$$\frac{a^2}{2ab^2 - b^3 + 1}$$

eine positive ganze Zahl ist ! (Bulgarien)

3. Gegeben sei ein konvexes Sechseck, in dem je zwei gegenüberliegende Seiten die folgende Eigenschaft haben: Der Abstand ihrer Mittelpunkte ist das $\frac{\sqrt{3}}{2}$-fache der Summe ihrer Längen. Man beweise, dass alle Winkel des Sechsecks gleich groß sind !

(Das Sechseck $ABCDEF$ hat die 3 Paare gegenüberliegender Seiten: AB und DE, BC und EF, CD und FA.) (Polen)

2. Tag

4. Es sei $ABCD$ ein Sehnenviereck. Ferner seien P, Q und R die Fußpunkte der Lote von D auf die Geraden BC, CA und AB (in dieser Reihenfolge). Man beweise, dass $\overline{PQ} = \overline{QR}$ dann und nur dann gilt, wenn sich die Winkelhalbierenden der Winkel $\sphericalangle ABC$ und $\sphericalangle ADC$ auf der Geraden AC schneiden ! (Finnland)

5. Es sei n eine positive ganze Zahl und es seien $x_1, x_2, \ldots, x_n$ reelle Zahlen mit $x_1 \leq x_2 \leq \ldots \leq x_n$.

(a) Man beweise:

$$\left(\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}|x_i - x_j|\right)^2 \leq \frac{2(n^2-1)}{3}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}(x_i - x_j)^2$$

(b) Man zeige, dass Gleichheit dann und nur dann gilt, wenn $x_1, x_2, \ldots, x_n$ eine arithmetische Folge ist ! (Irland)

6. Es sei p eine Primzahl. Man beweise, dass eine Primzahl q existiert, so dass für jede ganze Zahl n die Zahl $n^p - p$ nicht durch q teilbar ist ! (Frankreich)

Arbeitszeit: $4\frac{1}{2}$ Stunden an jedem Tag.
Bei jeder Aufgabe waren 7 Punkte erreichbar.

B 44. IMO - Länderübersicht (inoffiziell)

N	Land	P	G	S	B	N	Land	P	G	S	B
1	Bulgarien	227	6	-	-	42	Norwegen	62	-	1	-
2	China	211	5	1	-	43	Armenien	61	-	-	3
3	USA	188	4	2	-		Bosnien & H.	61	-	-	2
4	Vietnam	172	2	3	1	45	Südafrika	60	-	-	3
5	Russland	167	3	2	1	46	Spanien	59	-	-	1
6	Korea	157	2	4	-	47	Mazedonien	54	-	-	2
7	Rumänien	143	1	4	1	48	Schweden	52	-	-	1
8	Türkei	133	1	3	1	49	Italien	50	-	-	1
9	Japan	131	1	3	2		Kirgisien	50	-	-	2
10	Großbritannien	128	1	2	3		Lettland	50	-	-	1
	Ungarn	128	1	3	1	52	Litauen	49	-	-	2
12	Kanada	119	2	-	3		Usbekistan	49	-	1	1
	Kasachstan	119	1	2	2	54	Estland	47	-	-	-
14	Ukraine	118	1	2	3	55	Finnland	43	-	-	1
15	Indien	115	-	4	1		Marokko	43	-	-	-
16	Taiwan	114	1	2	2		Neuseeland	43	-	-	-
17	Deutschland	112	1	2	1	58	Macau	40	-	-	2
	Iran	112	-	3	2	59	Österreich	38	-	-	-
19	Thailand	111	1	1	3	60	Peru (4)	37	-	-	1
	Weißrussland	111	1	2	2		Turkmenistan (4)	37	-	-	1
21	Israel (5)	103	-	2	3	62	Island	33	-	-	1
22	Polen	102	1	2	-		Trinidad & Tobago	33	-	-	-
23	Serbien & M.	101	-	3	1	64	Niederlande	30	-	-	-
24	Frankreich	95	-	2	2	65	Uruguay (5)	29	-	-	-
25	Mongolei	93	-	1	3	66	Dänemark (5)	27	-	-	-
26	Australien	92	-	2	2	67	Malaysia (5)	26	-	-	-
	Brasilien	92	-	1	3		Schweiz	26	-	-	-
28	Argentinien	91	1	1	2	69	Luxemburg (2)	25	-	-	1
	Hongkong	91	-	2	2	70	Albanien (4)	23	-	-	-
30	Griechenland	88	-	1	4		Puerto Rico (3)	23	-	-	1
	Moldawien	88	-	1	2		Zypern	23	-	-	-
32	Georgien	86	-	1	2	73	Portugal	22	-	-	-
33	Kroatien	80	-	-	3	74	Irland	21	-	-	-
34	Tschechien	79	-	1	2	75	Slowenien	18	-	-	-
35	Slowakei	77	-	-	4	76	Kuba (1)	14	-	-	1
36	Singapur	71	-	-	2	77	Ekuador	11	-	-	-
37	Belgien	70	-	1	1	78	Venezuela (3)	10	-	-	-
	Indonesien	70	-	-	2	79	Philippinen	9	-	-	-
39	Kolumbien	67	-	-	3	80	Kuwait (3)	8	-	-	-
40	Aserbaidschan	66	-	1	1	81	Sri Lanka (4)	4	-	-	-
41	Mexiko	64	-	-	3	82	Paraguay (1)	0	-	-	-

Legende: N - Platzierung, P - Punktzahl,
G - Anzahl der Goldmedaillen, S - Anzahl der Silbermedaillen, B - Anzahl der Bronzemedaillen

Jede Mannschaft bestand aus 6 bzw. der in Klammern angegebenen Anzahl von Schülern. Eine vollständige Mannschaft (6 Schüler) konnte maximal 252 Punkte erreichen.