Prof. Dr. Jürgen Prestin
Universität zu Lübeck
Institut für Mathematik
23562 Lübeck
Ratzeburger Allee 160
Tel.: 0451 3101 6000, E-Mail: prestin@math.uni-luebeck.de
Delegationsleiter der deutschen Mannschaft

Lübeck, den 30. Juli 2017

Bericht

über die

58. Internationale Mathematik-Olympiade (IMO) Rio de Janeiro, 2017

Die 58. Internationale Mathematik-Olympiade fand vom 12. bis zum 23. Juli 2017 in Rio de Janeiro und damit erstmalig in Brasilien statt. Diese IMO stellte wiederum neue Rekorde auf: Mit 111 teilnehmenden Ländern und 615 Schülerinnen und Schülern war diese Olympiade wieder größer als die letztjährige IMO in Hongkong mit 109 Ländern und 602 Schülerinnen und Schülern. Insgesamt 62 Mädchen nahmen in diesem Jahr teil. Ihr relativer Anteil von 10% ist seit vielen Jahren fast konstant.
Die deutsche Mannschaft bestand aus sechs Schülern (s. Tabelle 1), Dr. Eric Müller als stellvertretendem Delegationsleiter und dem Berichterstatter als Delegationsleiter.

Name	Wohnort	Schule	Klasse
Armbruster, Alexander	Unterhaching	Lise-Meitner-Gymnasium Unterhaching	11
Drees, Martin	Cadolzburg	Dürer-Gymnasium Nürnberg	12
Juran, Branko	Berlin	Heinrich-Hertz-Oberschule Berlin	12
Meyer, Sebastian	Dresden	Martin-Andersen-Nexö-Gymnasium Dresden	12
Paul, Manfred	Rimpar	Deutschhaus-Gymnasium Würzburg	12
Walter, Jonas	Rostock	Gymnasium Reutershagen	10

Tabelle 1: Die deutsche Mannschaft.

Die vier Abiturienten hatten schon IMO-Erfahrung. In Hongkong 2016 gewannen Martin Drees und Sebastian Meyer eine Silber- und Branko Juran und Manfred Paul eine Bronzemedaille. Für Sebastian Meyer war es die inzwischen dritte IMO-Teilnahme; er erkämpfte sich 2015 in Thailand eine Bronzemedaille.
Alle sechs Schüler können auf eine langjährige erfolgreiche Teilnahme an nationalen Mathematik-Wettbewerben zurückblicken. An den Bundesrunden der Mathematik-Olympiade nahmen S. Meyer und M. Paul seit 2012, M. Drees und B. Juran seit 2013, A. Armbruster seit 2014 und J. Walter seit 2015 erfolgreich teil. Jonas Walter erreichte bei allen drei Teilnahmen einen ersten Preis. Im letzten Jahr war er auch Mitglied der deutschen Mannschaft im Teamwettbewerb Baltic Way in Finnland. Voraussichtlich wird er auch im November dieses Jahres in Dänemark mit dabei sein.
Alle erhielten auch einen ersten oder zweiten Preis bei der 2. Runde des Bundeswettbewerbs Mathematik 2016. Manfred Paul und Jonas Walter wurden Bundessieger 2016, Branko Juran ist sogar dreimaliger Bundessieger 2014 bis 2016.
Martin Drees nahm an diversen Kopfrechenwettbewerben teil und gewann als Zwölfjähriger die Kopfrechen-WM der Kinder. Erwähnenswert ist auch, dass Alexander Armbruster gerne und viel mit bis zu 7 Bällen und auch 5 Keulen jongliert und seit 12 Jahren Querflöte spielt und dass Branko Juran Schulsprecher an der Heinrich-Hertz-Oberschule war. Alle vier Abiturienten wollen ab Herbst dieses Jahres Mathematik in Bonn studieren.

1 Auswahl und Vorbereitung der deutschen Mannschaft

Für die Auswahl und Vorbereitung der deutschen Mannschaft wurde wie in den Vorjahren verfahren. Es qualifizierten sich 29 Schülerinnen und 137 Schüler durch die erfolgreiche Teilnahme an der Bundesrunde der Mathematik-Olympiade oder an der 2. Runde des Bundeswettbewerbs Mathematik für zwei Auswahlklausuren, die am 1. und 7. Dezember 2016 geschrieben wurden. Hieran nahmen 24 Schülerinnen und 116 Schüler teil.

Die 16 erfolgreichsten Klausurteilnehmer bildeten den Kandidatenkreis für die deutsche Mannschaft. Für diese 15 Schüler und eine Schülerin gab es Seminare über eine knappe Woche in Rostock, zwei verlängerte Wochenenden in Bad Homburg und die traditionelle Abschlusswoche am Mathematischen Forschungsinstitut in Oberwolfach. Der übliche dritte Wochenendlehrgang fand in diesem Jahr nicht in Bad Homburg, sondern direkt vor der Bundesrunde der Mathematik-Olympiade in Bremerhaven statt. Alle 16 Teilnehmer hatten sich für die Bundesrunde qualifiziert, so dass der Reiseaufwand gespart werden konnte. Während dieser fünf Lehrgänge wurden von allen Kandidaten insgesamt sieben Klausuren geschrieben. Die sechs Besten qualifizierten sich für die IMO-Mannschaft, (s. Tabelle 1), deren Zusammensetzung am 25. Mai in Oberwolfach offiziell bekannt gegeben wurde. Schon vorher konnte man im Internet mitverfolgen, wie hoch die Chancen für die einzelnen Schüler stehen. Seit einigen Jahren führen die Teilnehmer dazu im Internet eine Schätzliste, in der sie die schon bekannten Ergebnisse sowie direkt nach jeder Klausur ihre vermutete Punktzahl eintragen. Wer sich am meisten verschätzt hat, muss dann in der im Mai noch sehr kalten Wolf ein Bad nehmen.

Die Seminare wurden von folgenden langjährigen Mentoren geleitet: PD Dr. C. Bey (U Lübeck), Dr. M. Härterich (Wiesloch), PD Dr. J. Jahnel (U Siegen), Dr. T. Kleinjung (EPFL Lausanne), Prof. Dr. R. Labahn (U Rostock), Prof. Dr. U. Leck (U Flensburg), Dr. E. Müller (Villingen-Schwenningen), Prof. Dr. J. Prestin (U Lübeck), Jun.-Prof. Dr. C. Reiher (U Hamburg), G. Schröter (TU Dresden), F. Schweiger (U Bonn) und Dr. habil. P. Wagner (U Rostock).

Zusätzlich gab es vom 16.-18. Juni einen von Prof. Dr. D. Schleicher organisierten Lehrgang an der Jacobs University Bremen, traditionell am Samstag mit dem Turnier „MatBoj“. Die Mentoren waren Prof. Dr. A. Kanel-Belov (Bar-Ilan University), Dr. K. Mallahi-Karai (Jacobs U), M. Meister (U Bonn), T. Nampaisarn, B. Reinke (beide Jacobs U) und Prof. Dr. M. Stoll (U Bayreuth).

Schließlich organisierte sich die Mannschaft selbstständig ein Intensivtraining, dass vom 24. bis 27. Juni in einer Jugendherberge in Bonn stattfand. Wie in den Vorjahren berichteten die Teilnehmer von intensiver Beschäftigung mit selbst herausgesuchtem Aufgabenmaterial. Interessant war dieses Jahr die Wahl des Ortes Bonn. Es entstand enger Kontakt zu ehemaligen IMO-Teilnehmern, die jetzt in Bonn studieren. Dies ermöglichte einen vorzeitigen Anreisetag: Die erste in Bonn geplante Nacht war die Jugendherberge schon ausgebucht. Diese Nacht konnten die Teilnehmer in Bonner studentischen Wohngemeinschaften verbringen.

Zum wiederholten Mal fand ein Zusatztraining im Vorfeld dieses Auswahlverfahrens statt. Dr. Eric Müller, Jens Reinhold, Lisa Sauermann und Florian Schweiger betreuten in der zweiten Jahreshälfte 2016 per E-Mail-Korrespondenz sehr intensiv acht Schüler, die schon an IMO-Vorbereitungslehrgängen teilgenommen hatten und die auch noch in diesem Jahr startberechtigt waren. Sieben dieser acht Schüler qualifizierten sich über die beiden Dezemberklausuren wieder für die Vorbereitungslehrgänge und belegten dort am Ende die ersten sieben Plätze.

Seit 2007 gibt es das Programm „Jugend trainiert Mathematik“ (JuMa). Es wurde u. a. zur besseren Vorbereitung unserer Schülerinnen und Schüler auf die IMO initiiert. Viele der erfolgreichen Teilnehmer an den bundesweiten Mathematik-Wettbewerben und auch unsere sechs IMO-Teilnehmer wurden durch dieses Projekt gefördert. Leider stehen für das neue Schuljahr 2017/18 nötige Finanzmittel nicht wie bisher zur Verfügung. Seit längerer Zeit versuchen daher die für JuMa verantwortlichen Kollegen zusammen mit dem Mathematik-Olympiaden e.V. Lösungen zu finden, die die weitere Durchführung von JuMa ermöglichen. Bestärkt werden wir durch die Einschätzungen der IMO-Kandidaten und anderer ehemaliger Teilnehmer, die dieses Programm auch als sehr gewinnbringend ansehen.

Die gesamte organisatorische Vorbereitung und Durchführung der Klausuren, der Seminare und der Reise wurden wiederum von der Geschäftsstelle der Bundesweiten Mathematik-Wettbewerbe unter Leitung von H.-H. Langmann in gewohnt perfekter Weise abgewickelt. Allen, die an der Organisation und der Vorbereitung des deutschen Teams beteiligt waren, gebührt herzlicher Dank.

2 Der Ablauf der 58. IMO

Die Delegationsleiter der Länder, welche die internationale Jury bilden, reisten am 12. bzw. 13. Juli an. Die eigene Anreise am 12. Juli ermöglichte eine wesentlich intensivere Beschäftigung mit den Aufgaben der von den Veranstaltern vorbereiteten Shortlist. In diesem Jahr verblieben die Delegationsleiter und Koordinatoren die gesamte Zeit der IMO in ihrem Hotel Windsor Marapendi. Dafür wechselten die stellvertretenden Delegationsleiter nach dem Ende der zweiten Klausur vom Unterbringungsort der Schüler, dem Windsor Oceanico, für die Korrektur und Koordination in das Windsor Marapendi. Beide Hotels liegen idyllisch und nur knapp über 3 km voneinander entfernt direkt am Atlantikstrand. Die Bedingungen in beiden Hotels waren exzellent.
Die Eröffnungsfeier am 17. Juli im Hotel Windsor Oceanico bot wie immer die Möglichkeit eines kurzen Zuwinkens zwischen Mannschaften und den von ihnen strikt getrennten Delegationsleitern. Vor der Parade der 111 Mannschaften gab es eine bewegende Schweigeminute für die drei Tage zuvor verstorbene iranische Fields-Medaillen-Preisträgerin Maryam Mirzakhani. Der Direktor des Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada, Prof. Marcelo Viana, fand sehr emotionale Worte für diese Ausnahmemathematikerin, die 1994 und 1995 selber an der IMO teilnahm und mit 41 und 42 Punkten jeweils eine Goldmedaille gewann.
Am 18. und 19.7. wurden vormittags die beiden $4\frac{1}{2}$-stündigen Klausuren geschrieben. Die Arbeitsbedingungen waren sehr gut, auch wenn die Schüler die langen Wartezeiten am Sitzplatz von bis zu 30 Minuten vor und nach der Klausur bemängelten. Zur Beantwortung der Verständnisfragen, die die Schüler in der ersten halben Stunde der Klausuren schriftlich stellen konnten, kamen die Delegationsleiter dieses Mal direkt zum Ort der Klausuren in das Hotel Windsor Oceanico. Die schnelle Internetübertragung der Fragen und Antworten erschien den Veranstaltern zu unsicher. Außerdem gab es eine weitere echte Neuerung, die sicher stellen sollte, dass alle Schüler ihre Antworten innerhalb einer Stunde bekommen. Wenn, wie in den letzten Jahren, alle Antwortvorschläge erst von der gesamten Jury abgestimmt werden müssen, ist dies nicht zu schaffen. Erstmalig wurde daher pro Aufgabe ein Team von Koordinatoren und freiwilligen Jurymitgliedern gebildet, die die Antwortvorschläge mit den jeweiligen Delegationsleitern diskutiert und dann genehmigt haben. Dieses neue Verfahren hat wesentlich zur schnelleren Beantwortung der Fragen beigetragen. Die deutschen Schüler stellten insgesamt vier Fragen. Zwei Fragen bezogen sich auf die Aufgabe 5. Obwohl unseren Schülern die deutsche und englische Sprachvariante vorlagen, gab es Verständnisschwierigkeiten zu den Bedingungen (1) bis (N).

Nach der Durchsicht der Schülerlösungen durch die Delegationsleitungen fand vom 20. bis 21. Juli die endgültige Festlegung der Bewertung mit den Koordinatoren statt. Hierzu hatten die Veranstalter ein Team von 82 Experten zusammengestellt. Neben den einheimischen Koordinatoren waren auch wieder eine Reihe von Experten aus dem Ausland hinzugeladen. Viele von ihnen sind schon langjährig als Koordinator tätig. Aus Deutschland war in dieser Funktion nur Dr. Stephan Neupert von der LMU München beteiligt. Die gesamte Koordination verlief sehr fair und war gut organisiert.
In diesem Jahr gab es genau einen von den Veranstaltern organisierten Ausflug, jeweils getrennt durchgeführt für die Schüler, die stellvertretenden Delegationsleiter und die Delegationsleiter. Alle waren beeindruckt vom Kontrast zwischen Großstadt und Natur mit dem größten Stadtwald der Welt sowie dem Einfluss durch die Olympischen Spiele. Ein Besuch des Maracanã-Stadions gehörte selbstverständlich mit zum Programm. Die Freizeit der letzten beiden Tage nutzte die deutsche Mannschaft noch für Kurztrips zur monumentalen Christusstatue im Süden von Rio de Janeiro und zur Seilbahnfahrt auf den Zuckerhut. Jedes Team wird bei der IMO von einem Guide begleitet. Unser Guide Mylla Coffaro Ferreira, eine Bachelorstudentin der Physik, hat sich sehr um die Mannschaft bemüht. Mit ihrer Hilfe wurden die beiden privaten Ausflüge der Mannschaft zu einem beeindruckenden Erlebnis.
Im Freizeitbereich fanden die Schüler im „Recreation Centre“ des Hotels eine tolle Möglichkeit, jederzeit Kontakt mit anderen aufzunehmen und zusammen Zeit zu verbringen. Das Angebot reichte von einer Vielzahl von Spielen, Tischtennisplatten, Kickern bis hin zu mehreren Karaoke-Anlagen. In anderen Ländern scheint Karaoke eine höhere Bedeutung zu haben - die Schüler berichten, dass der Raum fast durchgängig vollkommen überfüllt war.
Am Vormittag des letzten Tages hielt der Fields-Medaillen-Preisträger Prof. Artur Ávila, selber IMO-Goldmedaillengewinner, die inzwischen zur Tradition gewordene „IMO Lecture“. Er spannte

den Bogen von seiner eigenen Goldmedaille auf der IMO 1995 in Toronto hin zu seiner jetzigen Forschung.
Die Preisverleihung fand am 22. Juli wieder im Hotelkomplex der Mannschaften statt. Nach dem Dank an die Sponsoren wurden alle Preisträger in größeren Gruppen auf die Bühne gebeten. Die meisten von ihnen kamen mit ihren Landesfahnen, so dass man manchmal mehr die Fahnen als die Auszuzeichnenden sah. Zum Abschluss wurde die IMO-Fahne feierlich an den nächsten Veranstalter Rumänien übergeben und mit einem Film über Cluj-Napoca und die IMO 2018 für das nächste Jahr eingeladen. An die Siegerehrung schloss sich die traditionelle „Farewell Party“ an, auf der auch wieder das „goldene Mikrofon“ an das Jury-Mitglied mit den meisten Redebeiträgen in den Jury-Sitzungen überreicht wurde. In diesem Jahr ging dieser inoffizielle Preis an den israelischen Delegationsleiter Dan Carmon.

3 Der Wettbewerb

An der 58. IMO nahmen 111 Länder mit 615 Schülern teil. Die Ergebnisübersicht befindet sich in Anlage B.
Von den 109 Ländern, die an der IMO 2016 in Hongkong teilgenommen hatten, fehlten dieses Jahr Jamaika, Laos, Madagaskar und Nordkorea. Nepal beteiligte sich erstmalig an einer IMO. Außerdem nahmen nach einem Jahr Pause Bolivien, Kuba und Panama, nach zwei Jahren Pause Côte d'Ivoire und nach vier Jahren Pause Guatemala wieder teil.
Die internationale Jury, bestehend aus den 111 Delegationsleitern und dem Chairman aus dem veranstaltenden Land, begann am Morgen des 14. Juli mit ihrer Arbeit. Als Chairman fungierte Prof. Dr. Nicolau Saldanha. Die Arbeitsbedingungen der Jury in der Konferenzetage des Jury-Hotels waren insgesamt sehr gut. Wie auf der IMO des vergangenen Jahres wurden die meisten Abstimmungen wieder elektronisch mit kleinen kabellosen Fernbedienungen durchgeführt. Obwohl das Testen der Anlage in der ersten Sitzung viel Zeit benötigte, erwies sich dieses Verfahren bei den vielen folgenden Abstimmungen wieder als sehr zeiteffizient.
Jedes teilnehmende Land hat das Recht, Aufgabenvorschläge einzureichen. In diesem Jahr wurden den Veranstaltern 150 Aufgaben aus 51 Ländern zugesandt. Eine dieses Mal etwas kleinere Aufgabenkommission des Veranstalters (Problem Selection Committee, PSC) stellte daraus im Vorfeld der IMO Aufgaben für eine Shortlist zusammen, welche die Grundlage für die Auswahl der Jury bildeten. Neben 5 einheimischen Mitgliedern gehörten zum PSC die beiden langjährigen, erfahrenen Mitglieder Ilya Bogdanov aus Russland und Géza Kós aus Ungarn sowie Zhuo Qun Song aus Kanada, der von 2010 bis 2015 mit insgesamt fünf Gold- und einer Bronzemedaille der bisher erfolgreichste IMO-Teilnehmer ist.
Üblicherweise besteht die Shortlist aus 30 Aufgaben; wie im letzten Jahr waren es aber wieder 32, je acht aus den klassischen vier Gebieten Algebra, Kombinatorik, Geometrie und Zahlentheorie. Der deutsche Aufgabenvorschlag fand leider nicht den Weg in die Shortlist.
Die Auswahl der Aufgaben durch die Jury erfolgte nach bewährtem Muster. Nach allgemeiner Diskussion und Ausschluss einiger Aufgaben, die zu große Ähnlichkeit zu Aufgaben hatten, die in einzelnen Ländern gerade benutzt wurden, begann die Auswahl. Diese erfolgte auf der Grundlage des „Beauty Contest“, in dem jedes Jury-Mitglied die Eleganz und den Schwierigkeitsgrad der einzelnen Aufgaben persönlich bewerten konnte. Zusammen mit dem Beauty Contest des PSC wurde so eine gute Voraussetzung geschaffen, um für jedes der vier Themengebiete die beste leichte und die beste mittelschwere Aufgabe auszuwählen. Aus diesen acht Aufgaben wurden dann zwei leichte und zwei mittelschwere Aufgaben so ausgewählt, dass jedes der vier Gebiete vertreten war. Danach wurden die zwei schweren Aufgaben ausgesucht, so dass bis zum späten Abend des 15. Juli die sechs Aufgaben festgelegt waren. Am Vormittag des 16. Juli tagten dann die englischen Muttersprachler und stellten der Jury eine sprachlich überarbeitete Fassung der Originaltexte aus der Shortlist vor.
Nachdem die Jury diese finale englische Version bestätigt hatte, wurden die Aufgaben in die vier anderen offiziellen Sprachen Deutsch, Französisch, Russisch und Spanisch übersetzt und nach einiger Diskussion, besonders zu den Aufgaben 3 und 5, ebenfalls von der Jury bestätigt. Jeder Schüler und jede Schülerin erhält die Aufgaben in der Muttersprache und einer zweiten Sprache eigener Wahl. Demgemäß übersetzten die entsprechenden Delegationsleiter die Aufgabentexte in die restlichen 53 Sprachen. Auch alle diese Versionen wurden nach Prüfung durch die Jury bestätigt. Ab dem nächsten Jahr sollen alle Schüler bis zu drei Sprachversionen erhalten, so dass

sichergestellt ist, dass sie mindestens eine der fünf offiziellen Sprachversionen vorliegen haben. Insgesamt standen die Aufgaben in 58 Sprachversionen zur Verfügung und sind auf www.imo-official.org verfügbar. Die deutsche Sprachversion der Aufgaben befindet sich in der Anlage A.
Bei der Bewertung der Lösungen wurden 34,7% der möglichen Punkte vergeben. Diese IMO lag damit wie 2016 mit 35,2% gut im Durchschnitt der letzten 10 Jahre. Die beiden Extrema in diesen 10 Jahren waren 2014 mit 38,2% und 2015 mit 30,9%.
Allerdings ergab sich bei der Verteilung der Punkte auf die sechs Aufgaben eine Besonderheit. Die beiden leichten Aufgaben wurden von vielen als wirklich (relativ) leicht angesehen, wohingegen sich die 2., 3., 5. und 6. Aufgabe als ausgesprochen schwer herausstellten. Tabelle 2 belegt dies sehr anschaulich.

Aufgabe	Gebiet	alle	Top 10	deutsches Team
1	Zahlentheorie	84,9%	99,0%	97,6%
2	Algebra	32,9%	68,1%	38,1%
3	Kombinatorik	0,6%	1,4%	0,0%
4	Geometrie	71,8%	98,8%	81,0%
5	Kombinatorik	13,8%	42,6%	35,7%
6	Zahlentheorie	4,2%	30,5%	0,0%
alle		34,7%	56,7%	42,1%

Tabelle 2: Die Ergebnisse bezüglich der einzelnen Aufgaben.

Die spannende Aufgabe 3 ist sogar die IMO-Aufgabe mit den wenigsten durchschnittlich erreichten Punkten überhaupt! Auch die diesjährige Aufgabe 6 schafft es noch unter die Top 7. Aufgaben mit absolut nicht mehr als 26 erreichten Punkten gab es nur 1959-63 und 1971.

$\varnothing$	Absolute Punkte	Aufgabe	Jahr
0,042	$3 \times 1 + 1 \times 4 + 1 \times 5 + 2 \times 7 = 26$	3	2017
0,152	$40 \times 1 + 2 \times 2 + 5 \times 7 = 79$	6	2007
0,168	$2 \times 1 + 1 \times 2 + 10 \times 3 + 6 \times 4 + 2 \times 5 + 1 \times 6 + 3 \times 7 = 95$	6	2009
0,187	$11 \times 1 + 3 \times 2 + 3 \times 3 + 1 \times 5 + 1 \times 6 + 8 \times 7 = 93$	6	2006
0,251	$25 \times 1 + 14 \times 2 + 2 \times 5 + 3 \times 6 + 10 \times 7 = 151$	3	2016
0,260	$31 \times 1 + 9 \times 2 + 1 \times 6 + 12 \times 7 = 139$	6	2008
0,294	$24 \times 1 + 9 \times 2 + 5 \times 3 + 4 \times 4 + 2 \times 5 + 14 \times 7 = 181$	6	2017
0,296	$15 \times 1 + 6 \times 2 + 6 \times 3 + 2 \times 4 + 6 \times 5 + 4 \times 6 + 7 \times 7 = 156$	6	2013

Tabelle 3: Kleinste durchschnittlich erreichte Punktzahl seit der 1. IMO 1959.

Nicht weiter verwunderlich ist daher die folgende Tatsache: Auf keiner der vorherigen 57 IMOs hatte der beste Teilnehmer so wenig Punkte wie die drei besten Teilnehmer in diesem Jahr: Je ein Schüler aus dem Iran, Japan und Vietnam erreichte 35 Punkte.
In der „Hall of Fame“ aller IMO-Teilnehmer seit 1959 (siehe die Webseite www.Mathematik-Olympiaden.de oder www.imo-official.org/hall.aspx) gab es an der Spitze keine Veränderungen. In dieser Liste liegen unverändert Lisa Sauermann auf Platz 3, Christian Reiher auf Platz 5, Wolfgang Burmeister auf Platz 7, Martin Härterich auf Platz 10 und Peter Scholze auf Platz 11. Auch im exklusiven „Club der IMO-Teilnehmer mit mindestens 3 Goldmedaillen“ gab es in diesem Jahr keine Neuaufnahmen.
Das Reglement, das seit vielen Jahren festgeschrieben ist, sieht vor, dass nicht mehr als die Hälfte der Teilnehmer einen Preis erhält und dass die Anzahlen der 1., 2. bzw. 3. Preise möglichst das Verhältnis 1:2:3 aufweisen sollten. Die diesjährigen Punktgrenzen sind in Tabelle 4 angegeben. Wieder wurde darüber anonym in der Jury abgestimmt. Anonym meint hier, dass der Jury gesagt wurde: „Wenn man für n Punkte eine Medaille bekommt, dann werden insgesamt 318 Medaillen vergeben, bei Punktgrenze $n + 1$ genau 291 Medaillen.“ Bei der Juryabstimmung, ob mehr als die laut Reglement möglichen 307 Teilnehmer eine Medaille bekommen sollen und bei der n den Jurymitgliedern noch unbekannt war, wurde die Zweidrittelmehrheit zum Überstimmen des Reglements knapp verfehlt. Analog wurde auch bei den Grenzen für Silber und Gold von der Jury anonym die jeweils höhere Punktgrenze ausgewählt.
Es gab auch in diesem Jahr keinen Sonderpreis für die besonders elegante Lösung einer Aufgabe.

48	Goldmedaillen	für	$\geq$	25 Punkte (von 42)
90	Silbermedaillen	für	$\geq$	19 Punkte
153	Bronzemedaillen	für	$\geq$	16 Punkte
291	Medaillen	bei	615	Teilnehmern

Tabelle 4: Die Punktgrenzen für die Preise.

4 Die deutsche IMO-Mannschaft

V.l.n.r.: Dr. Eric Müller, Sebastian Meyer, Manfred Paul, Martin Drees, Branko Juran, Jonas Walter, Alexander Armbruster, Mylla Coffaro Ferreira (Guide), Prof. Dr. Jürgen Prestin.

Das Ergebnis der deutschen Mannschaft findet man in Tabelle 5. Gefreut haben wir uns über

Name	Punkte	Preis
Alexander Armbruster	24	Silber
Jonas Walter	18	Bronze
Branko Juran	17	Bronze
Martin Drees	17	Bronze
Manfred Paul	15	Ehrende Erwähnung
Sebastian Meyer	15	Ehrende Erwähnung

Tabelle 5: Die Ergebnisse der deutschen Mannschaft.

die vier Medaillen. Manfred Paul und Sebastian Meyer haben die Bronzemedaille nur um einen Punkt verpasst. Auch Alexander Armbruster und Jonas Walter haben Gold bzw. Silber nur um einen Punkt verpasst. In der inoffiziellen Länderwertung liegen wir in diesem Jahr auf Rang 33, nach Rang 19 auf der letztjährigen IMO in Hongkong. In den Jahren davor erzielten wir 2015 in Thailand und 2013 in Kolumbien Rang 27 und 2014 in Südafrika Rang 16.
Die beiden Besten aus dem Team können sich wieder für die IMO 2018 qualifizieren, Jonas Walter kann sogar noch zweimal teilnehmen.
Häufig wird die Frage gestellt, in welchen Gebieten die deutschen Schüler besonders gut bzw. schlecht sind. In diesem Jahr mit zwei leichten, aber kaum mittelschweren Aufgaben ist Tabelle 2 dazu eher wenig aussagekräftig.

5 Ausblick

In diesem Jahr bestätigte die Jury den Veranstalter für 2022 (siehe Tabelle 6). Eine Interessensbekundung aus Japan für eine IMO 2023 in Tokio liegt vor.

Jahr	Land	Ort	Zeitraum
2018	Rumänien	Cluj-Napoca	03.-14. Juli 2018
2019	Vereinigtes Königreich	Bath	11.-22. Juli 2019
2020	Russland	St. Petersburg	07.-18. Juli 2020
2021	USA		
2022	Norwegen		

Tabelle 6: Die nächsten IMOs.

6 IMO-Board

In diesem Jahr beschloss die Jury einige kleinere Änderungen des Reglements. Dazu gehört die Umbenennung des IMO-Advisory-Boards und des Vorsitzenden in IMO-Board und Präsident. Turnusgemäß fanden keine Wahlen statt, so dass sich nur Änderungen bei den Ex-Officio-Mitgliedern ergaben. Die neue Zusammensetzung dieses Gremiums ist in Tabelle 7 angegeben.

Funktion	Name	Land	Amtszeit
Präsident	Geoff Smith	Vereinigtes Königreich	bis 2018
Sekretär	Gregor Dolinar	Slowenien	bis 2020
Mitglied	Nazar Agakhanov	Russland	bis 2018
Mitglied	Dávid Kunszenti-Kovács	Norwegen	bis 2020
Mitglied	Yongjin Song	Südkorea	bis 2018
ex officio IMO 2017	Edmilson Luis Rodrigues Motta	Brasilien	bis 2018
ex officio IMO 2018	Radu Gologan	Rumänien	bis 2019
ex officio IMO 2019	Geoff Smith	Vereinigtes Königreich	bis 2020

Tabelle 7: Die Mitglieder des IMO-Boards.

7 IMO-Informationen

Für weitere Informationen zu mathematischen Schülerwettbewerben sei auf die Webseite

http://www.mathe-wettbewerbe.de

hingewiesen.
Speziell zu den IMOs sind folgende Webseiten empfehlenswert:

http://www.imo-official.org
und
http://www.mathematik-olympiaden.de/IMOs/imo.html.

A Die Aufgaben der 58. IMO 2017

1. Tag

1. Für jede ganze Zahl $a_0 > 1$ sei die Folge $a_0, a_1, a_2, \dots$ gegeben durch

$$a_{n+1} = \begin{cases} \sqrt{a_n} & \text{falls } \sqrt{a_n} \text{ ganzzahlig,} \\ a_n + 3 & \text{sonst,} \end{cases} \qquad \text{für alle } n \geqslant 0.$$

Man bestimme alle Werte von a_0, so dass es eine Zahl A gibt, mit $a_n = A$ für unendlich viele Werte von n.
(Südafrika)

2. Es sei $\mathbb{R}$ die Menge der reellen Zahlen. Man bestimme alle Funktionen $f\colon \mathbb{R} \to \mathbb{R}$, so dass für alle reellen Zahlen x und y gilt

$$f\left(f(x)f(y)\right) + f(x+y) = f(xy).$$

(Albanien)

3. Ein Jäger und ein unsichtbarer Hase spielen in der euklidischen Ebene ein Spiel. Der Ausgangspunkt A_0 des Hasen und der Ausgangspunkt B_0 des Jägers sind gleich. Nach $n-1$ Runden des Spiels befinden sich der Hase im Punkt A_{n-1} und der Jäger im Punkt B_{n-1}. Die n-te Runde des Spiels besteht aus drei Schritten in der angegebenen Reihenfolge:

(i) Der Hase bewegt sich unsichtbar zu einem Punkt A_n, so dass der Abstand zwischen A_{n-1} und A_n genau eins ist.

(ii) Ein Ortungsgerät meldet dem Jäger einen Punkt P_n. Die einzige Garantie, die das Ortungsgerät dem Jäger gibt, ist, dass der Abstand zwischen P_n und A_n höchstens eins ist.

(iii) Der Jäger bewegt sich sichtbar zu einem Punkt B_n, so dass der Abstand zwischen B_{n-1} und B_n genau eins ist.

Ist es immer möglich, egal wie sich der Hase bewegt und egal welche Punkte das Ortungsgerät meldet, dass der Jäger seine Bewegungen so wählen kann, dass der Abstand zwischen ihm und dem Hasen nach 10^9 Runden höchstens 100 ist? (Österreich)

2. Tag

4. Es seien R und S verschiedene Punkte auf einem Kreis Ω, so dass RS kein Durchmesser ist. Es sei ℓ die Tangente an Ω in R. Der Punkt T liegt so, dass S der Mittelpunkt der Strecke RT ist. Ein Punkt J ist auf dem kleineren Bogen RS von Ω so gegeben, dass der Umkreis Γ des Dreiecks JST die Gerade ℓ in zwei verschiedenen Punkten schneidet. Es sei A derjenige gemeinsame Punkt von Γ und ℓ, der näher an R liegt. Die Gerade AJ schneidet Ω in einem weiteren Punkt K.

Man beweise, dass die Gerade KT den Kreis Γ berührt. (Luxemburg)

5. Gegeben sei eine ganze Zahl $N \geqslant 2$. Eine Gruppe von $N(N+1)$ Fußballspielern, von denen keine zwei gleich groß sind, steht in einer Reihe. Pelé möchte $N(N-1)$ Spieler so aus dieser Reihe entfernen, dass eine neue Reihe von $2N$ Spielern verbleibt, in der die folgenden N Bedingungen gelten:

(1) Niemand steht zwischen den beiden größten Spielern.

(2) Niemand steht zwischen dem drittgrößten und dem viertgrößten Spieler.

$\vdots$

(N) Niemand steht zwischen den beiden kleinsten Spielern.

Man zeige, dass dies immer möglich ist. (Russland)

6. Ein geordnetes Paar (x, y) ganzer Zahlen heißt *teilerfremder Gitterpunkt*, wenn der größte gemeinsame Teiler von x und y eins ist. Für eine gegebene endliche Menge S teilerfremder Gitterpunkte beweise man, dass es eine positive ganze Zahl n und ganze Zahlen $a_0, a_1, \ldots, a_n$ gibt, so dass für alle (x, y) in S gilt:

$$a_0x^n + a_1x^{n-1}y + a_2x^{n-2}y^2 + \cdots + a_{n-1}xy^{n-1} + a_ny^n = 1.$$

(USA)

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

B 58. IMO 2017 — Länderübersicht (inoffiziell)

N	Land	P	G	S	B	N	Land	P	G	S	B
1	Republik Korea	170	6	-	-	57	Lettland	84	-	-	3
2	Volksrepublik China	159	5	1	-	58	Moldawien	83	-	1	-
3	Vietnam	155	4	1	1		Schweiz	83	-	-	1
4	USA	148	3	3	-	60	Kolumbien	81	-	-	1
5	Islamische Republik Iran	142	2	3	1		Südafrika	81	-	-	2
6	Japan	134	2	2	2	62	Belgien	80	-	1	2
7	Singapur	131	2	1	2		Irland	80	-	-	2
	Thailand	131	3	-	2		Sri Lanka	80	-	-	3
9	Taiwan	130	1	4	1	65	Dänemark	77	-	-	1
	Vereinigtes Königreich	130	3	-	2		Ehem. Jug. Rep. Mazedonien	77	-	-	1
11	Russland	128	1	3	2	67	Kirgisistan	75	-	-	2
12	Georgien	127	1	2	3		Marokko	75	-	-	1
	Griechenland	127	1	4	1		Slowakei	75	-	-	1
14	Tschechische Republik	122	1	2	2	70	Österreich	74	-	2	-
	Ukraine	122	1	2	2	71	Estland	72	-	1	-
	Weißrussland	122	1	1	4	72	Norwegen	71	-	-	2
17	Philippinen	120	-	3	3	73	Algerien	70	-	-	1
18	Bulgarien	116	-	4	2	74	Litauen	69	-	-	2
	Italien	116	2	1	1		Usbekistan (5)	69	-	1	-
	Niederlande	116	1	2	1	76	Albanien	67	-	-	1
	Serbien	116	-	4	2		Chile	67	-	-	1
22	Polen	115	1	-	5	78	Ecuador	66	-	-	1
	Rumänien	115	-	3	2	79	Tunesien (5)	59	-	-	1
	Ungarn	115	2	1	1		Venezuela (5)	59	-	-	2
25	Kasachstan	113	1	2	1	81	Costa Rica	58	-	-	-
26	Argentinien	111	1	2	1		Pakistan	58	-	-	1
	Bangladesch	111	-	2	2	83	El Salvador (4)	57	-	-	1
	Hongkong	111	1	1	3	84	Finnland	56	-	-	-
29	Kanada	110	1	2	2	85	Kosovo (5)	55	-	-	1
30	Peru	109	-	2	3		Puerto Rico (5)	55	-	-	-
31	Indonesien	108	-	2	3	87	Nigeria (4)	51	-	-	-
32	Israel	107	-	3	2	88	Paraguay	48	-	-	-
33	Deutschland	106	-	1	3	89	Island	45	-	-	-
34	Australien	103	-	3	2		Luxemburg	45	-	-	1
35	Kroatien	102	-	2	3	91	Nicaragua (4)	44	-	-	1
	Türkei	102	-	1	3	92	Uruguay	43	-	-	-
37	Brasilien	101	-	2	1	93	Montenegro (4)	42	-	-	1
	Malaysia	101	-	2	2	94	Bolivien	41	-	-	-
39	Frankreich	100	-	2	2	95	Liechtenstein (3)	22	-	-	-
	Saudi-Arabien	100	-	2	2		Uganda	22	-	-	-
41	Armenien	99	-	2	2	97	Guatemala (4)	20	-	-	-
42	Aserbaidschan	98	-	-	4	98	Botswana	19	-	-	-
43	Mexiko	96	-	1	2	99	Myanmar	15	-	-	-
44	Bosnien und Herzegowina	95	-	-	4		Panama (1)	15	-	-	-
	Tadschikistan	95	-	-	3		Trinidad und Tobago (1)	15	-	-	-
46	Macao	94	1	-	-	102	Irak (4)	13	-	-	-
	Neuseeland	94	-	-	3		Kuba (1)	13	-	-	-
48	Mongolei	93	-	1	2	104	Honduras (2)	12	-	-	-
	Republik Zypern	93	-	-	5	105	Côte d'Ivoire	11	-	-	-
	Turkmenistan	93	-	-	2		Kambodscha	11	-	-	-
51	Schweden	91	-	1	2	107	Kenia	8	-	-	-
52	Indien	90	-	-	3	108	Ghana (1)	6	-	-	-
	Slowenien	90	-	-	2	109	Tansania (2)	5	-	-	-
54	Portugal	89	-	-	2	110	Nepal	3	-	-	-
55	Spanien	86	-	-	3		Ägypten (3)	3	-	-	-
56	Syrien	85	-	1	-						

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.