



$a = 210 \text{ mm}$

$90^\circ$

$b = 297 \text{ mm}$

## Mathematik als Wissenschaft

### Mathematik entdecken

Mitten im Schwarzwald liegt Oberwolfach. Auf den ersten Blick ahnt man nicht, welche große Bedeutung der kleine Luftkurort für die Mathematik hat. Das Tagungsinstitut in Oberwolfach gehört zu den bedeutendsten Einrichtungen mathematischer Forschungen weltweit. An 50 Konferenzwochen im Jahr wird es zu einer internationalen Begegnungsstätte für Mathematiker. In dem 2.700-Seelen-Ort finden unterschiedliche Veranstaltungen statt: von Seminaren für Doktoranden bis hin zu dem intensiven Abschlussseminar, in dem sich die deutsche Mannschaft auf die Internationale Mathematik-Olympiade vorbereitet.

Das Institut verfügt über eine exzellente Bibliothek. Und die ruhige und zugleich anregende Atmosphäre dort hat den Ruf, die Erkenntnis der Wissenschaftler besonders zu fördern. Gerhard Frey und Ken Ribet diskutierten in Oberwolfach beispielsweise wichtige Schritte zum Beweis des Großen Fermatschen Satzes.

Oberwolfach ist einer von vielen Orten, an denen in Deutschland Mathematik „gemacht“ wird. Und es ist zugleich ein Ort, an dem für den Beobachter die Faszination von Zahlen und Formeln spürbar wird. Neben dem Tagungsinstitut im Schwarzwald gibt es zahlreiche weitere wissenschaftliche Einrichtungen in Deutschland, die dazu beitragen.

### Die Forschungslandschaft in Deutschland

Im Bereich der reinen Mathematik zählen in Deutschland unter anderem die Standorte Berlin, Bonn, Göttingen, München und Münster zu den Adressen mit Weltruf. In Bonn sind es mit der Universität und dem Max-Planck-Institut gleich zwei Institutionen, die das internationale Ansehen der deutschen Mathematik mitprägen. Das 2006 im Rahmen der Exzellenzinitiative aus der Taufe gehobene Hausdorff Center for Mathematics wird diesem Wissenschaftsbereich in Bonn einen weiteren Schub geben. Mathematische Grundlagenforschung und ausgewählte Anwendungen sollen dort parallel vorangetrieben werden. Der Exzellenzcluster fördert die Vernetzung und Kooperation von Forschungseinrichtungen, um die Spitzenleistungen international noch besser sichtbar zu machen.

Im Bereich der angewandten Mathematik hat sich Deutschland in den vergangenen 20 bis 30 Jahren eine führende Position erarbeitet. Auf verschiedenen Gebieten wie der Numerik, der kombinatorischen Optimierung (die mathematische Methoden zum Beispiel zur exakten Lösung großer Planungs- und Logistikprobleme bereitstellt) und der Finanzmathematik sind deutsche Wissenschaftler maßgebend. Dafür sorgt auch die gute Vernetzung: In Berlin

Wissenschaftsjahr 2008

Mathematik  
Alles, was zählt



$a = 210 \text{ MM}$

$90^\circ$

$b = 297 \text{ MM}$

kooperieren zum Beispiel die Mathematikinstitute der drei Universitäten eng mit zwei weiteren Forschungsinstituten für angewandte Mathematik, dem Weierstraß-Institut für Angewandte Analysis und Stochastik (WIAS) und dem Zuse-Institut Berlin (ZIB). Als gemeinsames Projekt aller fünf Berliner Institutionen wurde 2001 das Matheon gegründet, ein Forschungszentrum der Deutschen Forschungsgemeinschaft, das sich der „Mathematik für Schlüsseltechnologien“ widmet. Im Jahr 2006 gründeten die drei Berliner Universitäten darüber hinaus im Rahmen der Exzellenzinitiative von Bund und Ländern gemeinsam die Graduiertenschule Berlin Mathematical School, die seit Herbst 2006 ein gemeinsames Promotionsprogramm für deutsche wie internationale Studierende bereitstellt.

Weitere wichtige Standorte der angewandten Mathematik sind unter anderem das Max-Planck-Institut für Mathematik in den Naturwissenschaften in Leipzig, die Technische Universität München, die Technische Hochschule Aachen, die Universität Bonn, die Universität Heidelberg, das Forschungszentrum Jülich und die Technische Universität Kaiserslautern sowie das Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik in Kaiserslautern und das Fraunhofer-Institut für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen in Sankt Augustin. Dabei bauen die Mathematiker in Deutschland auf eine exzellente Infrastruktur. Höchstleistungsrechner der neuesten Generation stehen für Anwendungen des wissenschaftlichen Rechnens zur Verfügung. So betreibt das Forschungszentrum Jülich seit Herbst 2007 den zweitschnellsten zivilen Supercomputer der Welt. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) förderte allein im Jahr 2007 31 Projekte im Bereich der angewandten Mathematik durch den BMBF-Förderschwerpunkt „Mathematik für Innovationen in Industrie und Dienstleistungen“.

Immer mehr wird auch das Potenzial mathematischer Methoden in den deutschen Unternehmen selbst genutzt: So basieren die Erfolge deutscher Firmen unter anderem auf erstklassiger Forschung in den Unternehmen selbst: Bereiche wie Software und Telekommunikation, Finanz- und Versicherungswirtschaft können heute als „mathematische Industrie“ angesehen werden. Ihr Erfolg beruht zu einem wesentlichen Teil auf erfolgreicher Unternehmensforschung wie auch auf geglücktem Wissenstransfer von Universitäten und öffentlichen Forschungsinstituten in die industrielle Praxis.

Auch jenseits der reinen Mathematik und ihrer Anwendungen verfügt die Wissenschaft rund um Zahlen und Formeln in Deutschland über starke Strukturen. Das Berliner Büro der International Mathematical Union (IMU) ist ein Beleg dafür: Der Dachverband der nationalen Mathematikgesellschaften zog im Jahr 2006 von Princeton nach Berlin.



$a = 210 \text{ mm}$

$90^\circ$

$b = 297 \text{ mm}$

Die Exzellenz der deutschen Mathematik zeigt sich jedoch nicht nur an dem Ansehen der Spitzenforscher, sondern vor allem auch an der Förderung des Nachwuchses. Damit setzt Deutschland bewusst seine besondere Tradition fort, die das Land schon seit Jahrhunderten mit der Mathematik verbindet.

### **Die Geschichte der Mathematik in Deutschland**

Große Namen belegen die historische Bedeutung der deutschen Mathematik. Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716) ersann schon im 17. Jahrhundert nicht nur die Analysis, sondern auch das Dualsystem sowie eine Maschine, mit der er mathematische Berechnungen vornehmen konnte. In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts war es Carl Friedrich Gauß (1777–1855), der die Wissenschaft in Deutschland entscheidend voranbrachte. Ihm verdanken wir Fundamentales zur Zahlentheorie, aber auch die Gaußsche Glockenkurve der „Standardnormalverteilung“. Später war es David Hilbert (1862–1943), der von Göttingen aus die Richtung der Mathematik mitbestimmte: Unter seiner Regie wurde die niedersächsische Universitätsstadt zu einem Weltzentrum der Mathematik. Viele weitere wichtige Namen wie Georg Cantor (1845–1918), Felix Klein (1849–1925), Emmy Noether (1882–1935), Bernhard Riemann (1826–1866), Karl Weierstraß (1815–1897) belegen: In Deutschland hat die Mathematik eine Heimat.

Eine Zäsur stellt die Zeit des Nationalsozialismus dar – für die Mathematik mindestens so gravierend wie für alle anderen Wissenschaften auch. Im Bereich der reinen Mathematik war Deutschland vor dem Zweiten Weltkrieg führend. Durch die Vertreibung und Ermordung jüdischer Mathematiker und die Zerstörung der Strukturen in der Wissenschaftslandschaft während der Zeit des Nationalsozialismus ging diese Führungsposition verloren. Ab den fünfziger Jahren des 20. Jahrhunderts gelang es in Deutschland jedoch mit viel Hilfe und Unterstützung aus dem Ausland, eine neue und lebendige Forschungslandschaft aufzubauen.

### **Mathematik und ihre Anwendungen**

Die Mathematik ist von elementarer Bedeutung für viele Arbeitsfelder. Sie ist die Grundlage aller modernen Naturwissenschaften. Ganz besonders deutlich ist dies in der Physik – zum Beispiel in der Allgemeinen Relativitätstheorie (Theorie der Gravitation) von Albert Einstein, aber auch in der Quantenmechanik und ihren Fortentwicklungen sowie in der Physik der Elementarteilchen. So ist Mathematik die Basis aller ernst zu nehmenden Versuche, Quanten- und Gravitationstheorie gemeinsam zu betrachten und zu verstehen.

Vor diesem Hintergrund wird deutlich, warum schon 1960 der Physiknobelpreisträger Eugene Wigner von der „unerklärbaren Effektivität der

Wissenschaftsjahr 2008

Mathematik  
Alles, was zählt

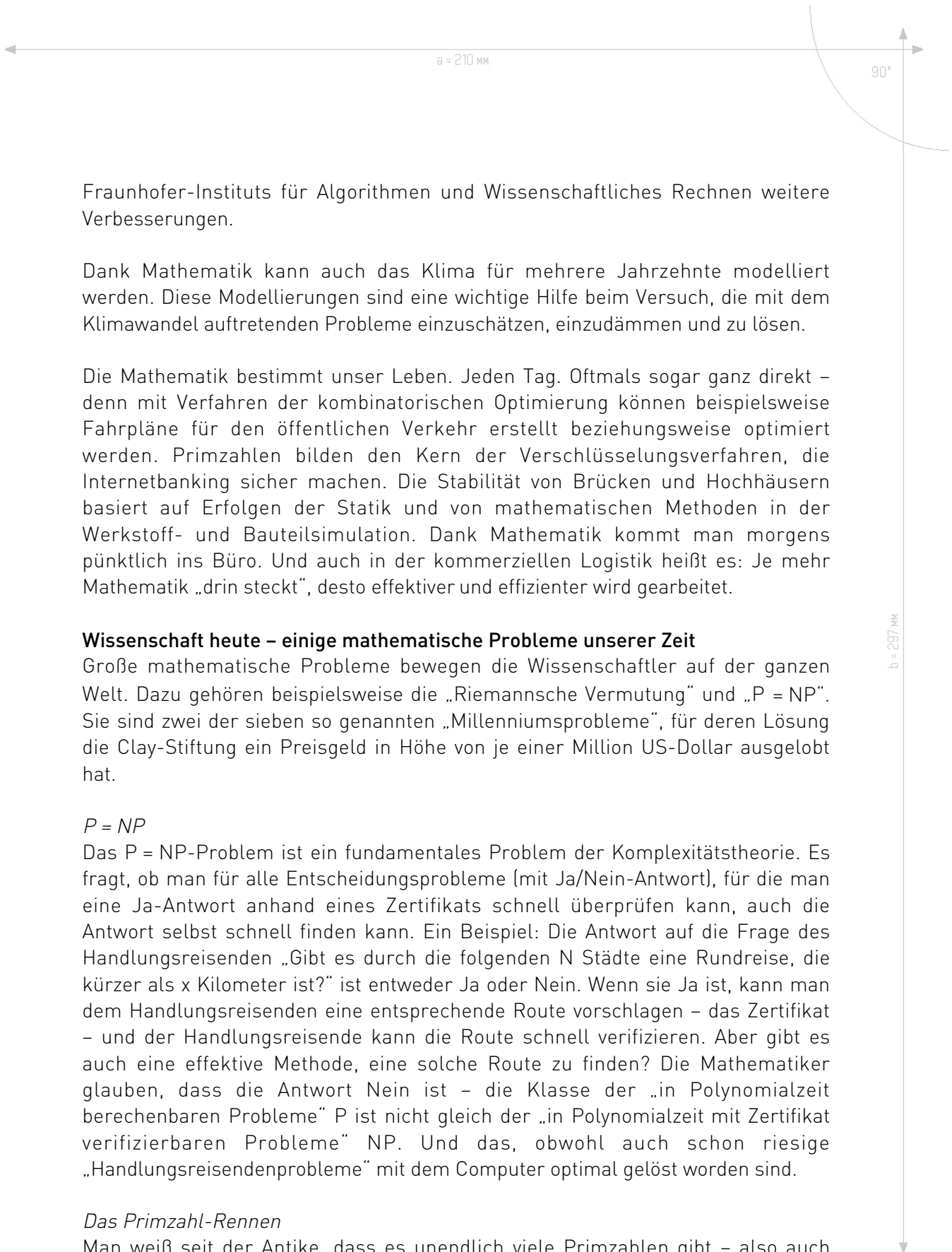


Mathematik in den Naturwissenschaften“ sprach. Und diese Bedeutung nimmt stetig zu. Denn mathematische Methoden sind in den letzten Jahren tief in andere Fragestellungen eingedrungen, zum Beispiel in den Bereich der mathematischen Biologie. Das gilt auch für die organische Chemie und die Pharmazie. Auch dass die Sequenzierung des menschlichen Genoms, die vom Human Genome Project für 2010 angepeilt worden war, bereits 2003/2004 abgeschlossen werden konnte, verdanken die Molekularbiologen in wesentlichen Teilen mathematischen Algorithmen. Diese Verfahren waren es, die bei der effektiven Suche von Gensequenzen halfen. Und selbst einfache Röntgenaufnahmen sind heute ohne Mathematik nicht mehr möglich – ganz zu schweigen von Aufnahmen in der Computertomografie und anderen bildgebenden Verfahren. So ist die Mathematik eine Schlüsseltechnologie für den Fortschritt in der Medizin – wie auch in vielen anderen Bereichen.

Die Mathematik ist zu einem wichtigen, aber oftmals wenig sichtbaren Wirtschaftsfaktor geworden. Dies belegt unter anderem die fortschreitende Mathematisierung der Ingenieurwissenschaften. In diesem Bereich wären viele neuartige Produkte, wie etwa die Mobiltelefone der neuesten Generation, nicht möglich. Die Erforschung von Zahlen und Formeln und die Entwicklung moderner mathematischer Methoden sind im digitalen Zeitalter Voraussetzung für moderne Hightech-Produkte und Schlüssel zu immer mehr Innovationen. So steckt hoch entwickelte Mathematik in der GPS-Technologie vieler Navigationsgeräte. Sie sorgt dafür, dass Autofahrer heutzutage auch ohne Ortskenntnis genau an ihr Ziel gelangen. Im Computerzeitalter wird Mathematik in vielen Bereichen benötigt, zum Beispiel bei der Verschlüsselung und Kompression von Daten. Diese Techniken machen den Austausch von Informationen erst möglich. Für die Sicherheitstechnik im Internet und im Bankwesen sowie für die modernen Finanzwissenschaften ist die Mathematik ebenfalls wichtig. Nicht zuletzt spielt die Mathematik auch in der modernen Kommunikationstechnologie eine große Rolle.

### **Mathematik ist voller Leben – und mitten im Leben**

Mathematik ist fast überall – auch da, wo man sie nicht erwartet. So untersucht das Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik das Fließverhalten von Flüssigkeiten in Babywindeln mit mathematischen Methoden. Ein anderes Beispiel sind die Wettervorhersagen. Normalerweise helfen sie, am Morgen die richtige Kleidung für den Tag zu wählen. Bei Wetterkatastrophen können diese Vorhersagen Leben retten. Dass sich Windgeschwindigkeiten und Temperaturen – und damit zum Beispiel auch der Pollenflug – für mehrere Tage korrekt vorhersagen lassen, beruht auf verbesserten mathematischen Methoden in der Meteorologie. Für mehr Sicherheit beim Autofahren sorgen Crash-Simulationen in der Automobilindustrie. Hier – wie auch bei den Wetterberechnungen – ermöglichen mathematische Kompressionsverfahren des



Fraunhofer-Institut für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen weitere Verbesserungen.

Dank Mathematik kann auch das Klima für mehrere Jahrzehnte modelliert werden. Diese Modellierungen sind eine wichtige Hilfe beim Versuch, die mit dem Klimawandel auftretenden Probleme einzuschätzen, einzudämmen und zu lösen.

Die Mathematik bestimmt unser Leben. Jeden Tag. Oftmals sogar ganz direkt – denn mit Verfahren der kombinatorischen Optimierung können beispielsweise Fahrpläne für den öffentlichen Verkehr erstellt beziehungsweise optimiert werden. Primzahlen bilden den Kern der Verschlüsselungsverfahren, die Internetbanking sicher machen. Die Stabilität von Brücken und Hochhäusern basiert auf Erfolgen der Statik und von mathematischen Methoden in der Werkstoff- und Bauteilsimulation. Dank Mathematik kommt man morgens pünktlich ins Büro. Und auch in der kommerziellen Logistik heißt es: Je mehr Mathematik „drin steckt“, desto effektiver und effizienter wird gearbeitet.

### **Wissenschaft heute – einige mathematische Probleme unserer Zeit**

Große mathematische Probleme bewegen die Wissenschaftler auf der ganzen Welt. Dazu gehören beispielsweise die „Riemannsche Vermutung“ und „P = NP“. Sie sind zwei der sieben so genannten „Millenniumsprobleme“, für deren Lösung die Clay-Stiftung ein Preisgeld in Höhe von je einer Million US-Dollar ausgelobt hat.

#### *P = NP*

Das P = NP-Problem ist ein fundamentales Problem der Komplexitätstheorie. Es fragt, ob man für alle Entscheidungsprobleme (mit Ja/Nein-Antwort), für die man eine Ja-Antwort anhand eines Zertifikats schnell überprüfen kann, auch die Antwort selbst schnell finden kann. Ein Beispiel: Die Antwort auf die Frage des Handlungsreisenden „Gibt es durch die folgenden N Städte eine Rundreise, die kürzer als x Kilometer ist?“ ist entweder Ja oder Nein. Wenn sie Ja ist, kann man dem Handlungsreisenden eine entsprechende Route vorschlagen – das Zertifikat – und der Handlungsreisende kann die Route schnell verifizieren. Aber gibt es auch eine effektive Methode, eine solche Route zu finden? Die Mathematiker glauben, dass die Antwort Nein ist – die Klasse der „in Polynomialzeit berechenbaren Probleme“ P ist nicht gleich der „in Polynomialzeit mit Zertifikat verifizierbaren Probleme“ NP. Und das, obwohl auch schon riesige „Handlungsreisendenprobleme“ mit dem Computer optimal gelöst worden sind.

#### *Das Primzahl-Rennen*

Man weiß seit der Antike, dass es unendlich viele Primzahlen gibt – also auch Primzahlen mit beliebig vielen Stellen. Aber das heißt nicht, dass man beliebig große Primzahlen kennt: In der Tat ist die bisher größte gefundene Primzahl

a = 210 mm

90°

b = 297 mm

$2^{32582657} - 1$ , eine Zahl mit 9.808.358 Stellen, die im September 2006 entdeckt wurde. Es läuft weiter ein Rennen, an dem sich viele Menschen und ihre Computer beteiligen – auf der Suche nach einer Primzahl mit mehr als zehn Millionen Stellen: Neben dem Reiz des Rekords lockt dafür auch ein Preis von 100.000 US-Dollar, den die Electronic Frontier Foundation, eine nichtstaatliche Organisation mit Sitz in San Francisco, ausgelobt hat.

#### *Die Riemann'sche Vermutung*

Die Riemann'sche Vermutung ist ein zentrales Problem der Mathematik. Die genaue Formulierung ist technisch („Die nicht-trivialen Nullstellen der Riemann'schen Zeta-Funktion haben alle genau den Realteil  $1/2$ “), die Auswirkungen auf die Zahlentheorie sind weitreichend. Ein Beweis der Riemann'schen Vermutung würde sehr viel genauere Aussagen über die Verteilung der Primzahlen liefern als bisher möglich. Bislang wurde schon bewiesen, dass die „ersten 10 Billionen“ Nullstellen (Verfahren von Odlyzko und Schönhage) und dass „mindestens ein Drittel“ der Nullstellen (Levinson) die Riemann'sche Vermutung erfüllen. Daher gibt es schon jetzt in der Zahlentheorie tausende von Forschungsarbeiten, die unter der Annahme operieren, dass die Riemann'sche Vermutung richtig ist.

#### **Ansprechpartner und weitere Informationen**

##### *Deutsche Mathematiker-Vereinigung (DMV)*

Die DMV vertritt ca. 3.600 Mathematikerinnen und Mathematiker in Deutschland. Mehr lesen können Sie unter [www.dmv.mathematik.de](http://www.dmv.mathematik.de). Ihr Ansprechpartner ist Präsident Prof. Günter M. Ziegler, den Sie direkt unter [ziegler@math.tu-berlin.de](mailto:ziegler@math.tu-berlin.de) erreichen.

##### *Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik (GAMM)*

Die GAMM hat mehr als 2.000 Mitglieder. Mehr lesen können Sie unter [www.gamm-ev.de](http://www.gamm-ev.de). Ihr Ansprechpartner ist Schatzmeister Prof. Dr. Andreas Frommer, Wuppertal, den Sie direkt unter [frommer@math.uni-wuppertal.de](mailto:frommer@math.uni-wuppertal.de) erreichen.

##### *Hausdorff Center for Mathematics, Bonn*

Das Hausdorff Center in Bonn ist ein neu gegründeter Cluster aus der ersten Runde der Exzellenzinitiative. Mehr lesen können Sie unter [www.hausdorff-center.uni-bonn.de](http://www.hausdorff-center.uni-bonn.de). Ihr Ansprechpartner ist Sprecher Prof. Dr. Felix Otto, den Sie unter [otto@iam.uni-bonn.de](mailto:otto@iam.uni-bonn.de) direkt erreichen.

##### *Max-Planck-Institut für Mathematik in den Naturwissenschaften, Leipzig*

Das Forschungsinstitut der Max-Planck-Gesellschaft (MPG) wurde 1996 gegründet. Mehr lesen können Sie unter [www.mis.mpg.de](http://www.mis.mpg.de). Ihr Ansprechpartner



$a = 210 \text{ mm}$

$90^\circ$

$b = 297 \text{ mm}$

ist Direktor Prof. Dr. Stefan Müller, den Sie unter [sm@mis.mpg.de](mailto:sm@mis.mpg.de) direkt erreichen.

*DFG-Forschungszentrum MATHEON „Mathematik in den Schlüsseltechnologien“, Berlin*

Das Matheon ist eines von sechs Forschungszentren der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). Mehr lesen können Sie unter [www.matheon.de](http://www.matheon.de). Ihr Ansprechpartner ist Sprecher Prof. Dr. Martin Grötschel, den Sie unter [groetschel@zib.de](mailto:groetschel@zib.de) direkt erreichen.

*Forschungszentrum Jülich*

Das Forschungszentrum Jülich ist ein Institut der Helmholtz-Gemeinschaft (HGF). Es ist ein ausgewiesenes Zentrum für wissenschaftliches Rechnen und betreibt einen der schnellsten zivilen Supercomputer der Welt. Mehr lesen können Sie unter [www.fz-juelich.de](http://www.fz-juelich.de). Ihr Ansprechpartner ist der Vorstandsvorsitzende Prof. Dr. Achim Bachem, den Sie direkt unter [a.bachem@fz-juelich.de](mailto:a.bachem@fz-juelich.de) erreichen.

*Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach (MFO)*

Das Mathematische Forschungsinstitut in Oberwolfach ist ein Institut der Leibniz-Gemeinschaft WGL. Das Forschungszentrum hat eine der zehn besten Mathematikbibliotheken der Welt. Mehr lesen können Sie unter [www.mfo.de](http://www.mfo.de). Ihr Ansprechpartner ist Direktor Prof. Dr. Gert-Martin Greuel, Kaiserslautern, den Sie direkt unter [greuel@mfo.de](mailto:greuel@mfo.de) erreichen.

*Fraunhofer-Gesellschaft (FhG)*

Das Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik (ITWM) in Kaiserslautern und das Fraunhofer-Institut für Algorithmen und wissenschaftliches Rechnen (SCAI) in Sankt Augustin und Köln sind zwei renommierte Forschungsinstitute für angewandte Mathematik der Fraunhofer-Gesellschaft. Mehr lesen können Sie unter [www.itwm.fraunhofer.de](http://www.itwm.fraunhofer.de) beziehungsweise [www.scai.fraunhofer.de](http://www.scai.fraunhofer.de). Ihr direkter Ansprechpartner ist der Institutsleiter des SCAI, Prof. Dr. Ulrich Trottenberg, den Sie unter [ulrich.trottenberg@scai.fraunhofer.de](mailto:ulrich.trottenberg@scai.fraunhofer.de) erreichen.

Mehr erfahren Sie auch unter: [www.jahr-der-mathematik.de](http://www.jahr-der-mathematik.de).

Der Abdruck ist honorarfrei. Ein Belegexemplar wird erbeten.  
Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an:

**Redaktionsbüro Jahr der Mathematik**

Wissenschaftsjahr 2008

Mathematik  
Alles, was zählt



Christina Vardakis  
Friedrichstr. 78  
10117 Berlin  
T. 030/700 186-475  
F. 030/700 186-810  
vardakis@jahr-der-mathematik.de  
www.jahr-der-mathematik.de

Christian Plaep  
Friedrichstr. 78  
10117 Berlin  
T. 030/700 186-774  
F. 030/700 186-810  
plaep@jahr-der-mathematik.de  
www.jahr-der-mathematik.de