

Mathematik und Informatik

Der damalige Chef von IBM soll 1943 gesagt haben: „Ich glaube, dass es auf der Welt einen Bedarf von vielleicht fünf Computern geben wird.“ Diese Einschätzung beruhte auf der Überlegung, wie viel insgesamt auf der Welt gerechnet wurde. Eine schnelle Rechenmaschine konnte da natürlich einen erheblichen Teil übernehmen.

Damals konnten sich selbst Visionäre nicht vorstellen, was man alles berechnen kann. Und auch heute ist sicher vielen Menschen nicht bewusst, dass ihre Texte und Bilder im Computer „gerechnet“ werden. So lässt sich innerhalb der Informatik ein großer Teil der Probleme auf mathematische Fragestellungen reduzieren und mit mathematischen Methoden lösen.

Von Fakten zum Wissen im Web

In den letzten Jahren hat sich das Internet zu einer bedeutenden Informationsquelle entwickelt. Zugfahrpläne, Nachrichten, ja sogar ganze Enzyklopädien sind inzwischen rund um die Uhr online verfügbar. Mithilfe von Suchmaschinen können wir diese Informationen abfragen. Die Grenzen dieser Technologie sind jedoch erreicht, wenn wir nicht nur bloße Fakten, sondern auch Zusammenhänge abfragen wollen. Die Frage *Welche Wissenschaftler sind auch Politiker?* lässt sich kaum so formulieren, dass Google sie sinnvoll beantworten kann.

Die Ursache für dieses Problem ist, dass die Computer zwar Unmengen an Daten speichern, aber weit davon entfernt sind, diese in einen Kontext einzuordnen oder gar zu „verstehen“. Die Gruppe von Prof. Gerhard Weikum vom Max-Planck-Institut für Informatik in Saarbrücken arbeitet daran, dem Computer diese Daten als „Wissen“ begreiflich zu machen.

Die Wissenschaftler haben dazu eine sehr große Wissenssammlung erstellt, bei der die Informationen auf eine strukturierte Art abgespeichert werden. Eine solche strukturierte Wissenssammlung heißt Ontologie. Die Max-Planck-Wissenschaftler haben ihre Ontologie YAGO (Yet Another Great Ontology) genannt. Jeder Baustein einer Ontologie ist eine „Entität“ und kann jede Art von konkretem oder abstraktem Objekt sein, zum Beispiel der Physiker Albert Einstein, das Jahr 1879 oder der Nobelpreis. Die Entitäten sind über Relationen miteinander verbunden, so ist Albert Einstein über die Relation „geboren“ mit dem Jahr 1879 verbunden und über die Relation „bekam“ mit dem Nobelpreis. Die Wissenschaftler nutzen die Online-Enzyklopädie Wikipedia, indem sie jeden Artikel automatisiert in eine Entität überführen. Die bloßen Fakten stehen in YAGO über Relationen miteinander in Beziehung und lassen sich daher in Zusammenhängen abrufen.

Dafür haben die Wissenschaftler die Suchmaschine NAGA (Not Another Google Answer) entwickelt. Diese Suchmaschine versteht die Struktur von YAGO und nutzt diese aus. So gibt NAGA auf die Frage *Welche Wissenschaftler sind auch Politiker?* eine sinnvolle Antwort, weil nicht nur nach den Stichwörtern *Wissenschaftler* und *Politiker* gesucht wird, sondern auch nach der Relation „ist ein“.

Beim automatischen Erstellen von Einträgen in YAGO greifen die Wissenschaftler auf Methoden der Computerlinguistik zurück. Zunächst erhalten sie dabei sehr „verrauschte“ Informationen; so kann als Ergebnis zum Beispiel eine Person mehrere Doktorväter haben. Mithilfe logischer Regeln und statistischer Methoden wird die Information nun so lange „gesiebt“, bis eine in sich konsistente und logische Aussage übrig bleibt. Für das Suchen mit NAGA liefert die Graphentheorie wichtige Methoden. Da es sich um sehr große Graphen handelt und der Rechenaufwand mit Zunahme der Knoten exponentiell zunimmt, greifen die Wissenschaftler dabei auch auf Approximationsalgorithmen zurück.

Ansprechpartner

Max-Planck-Institut für Informatik
Prof. Dr. Gerhard Weikum
Telefon: 0681/9325-500
E-Mail: weikum@mpi-sb.mpg.de
www.mpi-inf.mpg.de/yago-naga/

Digital unterschreiben – aber sicher

Mit einer „digitalen Unterschrift“ kann man ein elektronisches Dokument signieren. Hierfür genügt kein Scan einer handschriftlichen Unterschrift, da dies nicht sicher wäre, sondern es sind ganz andere Techniken gefragt. Deutschland ist mit seinem Signaturgesetz ein Pionier auf diesem Gebiet. Diese Unterschriften sollen gerichtsfest sein und es ist abzusehen, dass sie demnächst im Behördenverkehr üblich werden, etwa bei Elster und Elena.

Etwa seit 1985 werden elliptische Kurven in der Kryptographie eingesetzt, unter anderem für digitale Unterschriften. Elliptische Kurven sind seit dem 17. Jahrhundert ein wichtiges Thema der algebraischen Geometrie; Pierre de Fermat hat sich als einer der ersten damit befasst. Eines der sieben mathematischen Millenniumsprobleme, deren Lösung mit jeweils einer Million US Dollar honoriert wird, beschäftigt sich mit diesen Kurven. Ihr Vorzug gegenüber anderen Methoden ist die viel kürzere Schlüssellänge um erforderliche Sicherheitsstandards zu erreichen.

Diese Verkürzung ist besonders wichtig bei schwachen „Rechnern“, wie etwa SmartCards oder RFIDs, die bei Bankkarten, elektronischen Pässen und vielen anderen Anwendungen eingesetzt werden. Prof. Dr. Joachim von zur Gathen vom Department of Computer Security am B-IT, Universität Bonn, hat sich mit seiner Gruppe mit einer speziellen Sorte von Hardware (FPGA = Field Programmable Gate Array) beschäftigt und eine Zeit lang den Weltrekord für das Operieren mit elliptischen Kurven gehalten.

Der geheime Schlüssel ist hierbei einfach eine Zahl, etwa 80-stellig bei heutigen Anforderungen. Damit kann eine Unterschrift hergestellt werden. Durch Operationen auf der Kurve wird ein „Vielfaches“ eines Punktes berechnet. Dieses Vielfache erlaubt es, die Gültigkeit der Unterschrift zu prüfen. Beim heutigen Stand der Technik ist es nicht möglich, aus diesem Vielfachen die Zahl selber zu berechnen. Somit kann niemand eine Unterschrift fälschen.

Die meisten Deutschen haben, ohne es zu ahnen, eine elliptische Kurve in der Brieftasche, nämlich auf einer Bankkarte oder ähnlichem. Die Industrie beobachtet

den Fortschritt der Grundlagenforschung, um hieraus Nutzen für konkrete Anwendungen zu ziehen.

Ansprechpartner

Department of Computer Security
B-IT, Universität Bonn
Prof. Dr. Joachim von zur Gathen
Telefon: 0228/2699-223
E-Mail: gathen@bit.uni-bonn.de
<http://cosec.bit.uni-bonn.de/cosec/>

Mobil telefonieren – immer und überall

Mobiles Telefonieren ist zu einem selbstverständlichen Teil unseres Alltags geworden. Darüber hinaus unterstützen die Netze der so genannten zweiten Generation nach dem GSM-Standard Text- und Bildnachrichten sowie reine Datenübertragung (GSM = Global System for Mobile Communications). Derzeit werden Mobilkommunikationsnetze der dritten Generation nach dem neuen UMTS-Standard rapide ausgebaut (UMTS = Universal Mobile Telecommunications System). Durch die flexiblere Übertragungstechnik lassen sich höhere Datenraten übertragen. Damit können neben der Telefonie auch multimediale Dienste, insbesondere der Zugang zum Internet realisiert werden.

Die Kapazität der für die Mobilkommunikation zur Verfügung stehenden Frequenzbänder ist begrenzt. Um trotz der großen Teilnehmerzahlen hohe Datenraten, gute Übertragungsqualität und gleichzeitiges Telefonieren vieler Nutzer zu ermöglichen, müssen die Mobilfunknetze sorgfältig geplant und ausgebaut werden.

Mobilkommunikation der zweiten und dritten Generation basiert auf grundsätzlich verschiedenen Übertragungstechniken. Bei GSM werden gleichzeitige Telefonate im Wesentlichen auf verschiedene Frequenzen verteilt. Im Gegensatz dazu benutzen bei UMTS alle Teilnehmer das zur Verfügung stehende Radiospektrum gleichzeitig. Die Trennung wird hierbei durch Code-Spreizung vorgenommen.

Bei der Planung von GSM-Netzen müssen die Kanäle räumlich so auf die Basisstationen verteilt werden, dass sie sich möglichst wenig stören. UMTS verlangt eine solche Konfiguration der Antennen, die möglichst wenig Rauschleistung, also Interferenz bei den anderen erzeugt. Zunächst braucht man für die Planung beider Netze ein genaues Bild des Ausbreitungsverhaltens der Radiowellen. Es ist zu bestimmen, welche Leistung einer Basisstation an beliebigen Orten des zu versorgenden Gebiets ankommt. Am Lehrstuhl für Theoretische Informationstechnik an der RWTH Aachen ist ein schneller Algorithmus entwickelt worden, der durch Simulation des Ausbreitungsverhaltens der Radiowellen genaue Feldstärkevorhersagen ermöglicht.

Bei der Kanalaufteilung in GSM-Netzen sind die verfügbaren Frequenzen so auf die Basisstationen aufzuteilen, dass überall genügend Kanäle zur Verfügung stehen, die Interferenz dabei aber möglichst klein ist. Dieses Optimierungsproblem gehört zur Klasse der extrem schwierigen Probleme, für die selbst moderne Computer tausende von Jahren benötigen, um eine exakte Lösung zu finden. Die Wissenschaftler in Aachen haben Verfahren entwickelt, die das große

Gesamtproblem in kleine Teilprobleme zerschneiden, die exakt optimiert werden können. Die Teillösungen werden iterativ zu einer Gesamtlösung zusammengesetzt.

Bei den neuen UMTS-Netzen ist der Planungsprozess noch komplizierter. Da alle Teilnehmer im gleichen Band übertragen, muss die gegenseitige Störung der Benutzer von vornherein durch die Auslegung des gesamten Netzes gering gehalten werden. Dies geschieht zum Beispiel durch die Wahl geeigneter Standorte für die Basisstationen, durch die Wahl der Abstrahlrichtung der Antennen und die Größe der Sendeleistung.

Ansprechpartner

Lehrstuhl für Theoretische Informationstechnik an der RWTH Aachen

Prof. Dr. Rudolf Mathar

Telefon: 0241/80-27700

E-Mail: mathar@ti.rwth-aachen.de

www.ti.rwth-aachen.de

Nie wieder Passwörter vergessen mit dem MobileSitter

Wer stand nicht schon einmal verzweifelt vor dem Geldautomaten und bekam kein Geld, weil er seine PIN vergessen hat? Diese eine Nummer könnten wir uns eigentlich leicht merken, kämen nicht die Geheimkombinationen unserer Computer zu Hause und im Büro hinzu, der Geheimcode beim Online-Banking, diverse Online-Shops und weitere Anwendungen.

Nutzer versuchen gelegentlich, diesen Fluch des digitalen Zeitalters dadurch los zu werden, indem sie für verschiedene Zwecke das gleiche Passwort wählen. Das hilft zwar beim Erinnern, jedoch ist vielen nicht bewusst, auf welche großen Sicherheitslücken sie sich dabei einlassen. Das gleiche gilt für den Zettel, auf dem man sich seine Geheimkombinationen notiert und diesen in der Brieftasche oder im Portemonnaie mit sich herumträgt. Auch das Mobiltelefon eignet sich nicht zum einfachen Hinterlegen der Geheimnisse. Selbst wenn der Besitzer die Geheimnisse durch ein Master-Passwort schützt, ist es Hackern möglich, durch so genannte Wörterbuchangriffe an die Passwörter zu gelangen.

Am Fraunhofer-Institut für Sichere Informationstechnologie (SIT) in Darmstadt haben Wissenschaftler den „MobileSitter“ entwickelt – eine Software, die sämtliche Geheimkombinationen auf mobilen Endgeräten, wie zum Beispiel dem Handy, sicher verwaltet. Dabei werden alle Passwörter, PINs und TANs verschlüsselt auf dem Handy gespeichert. Mithilfe eines Master-Passworts kann der Benutzer darauf zugreifen. Im Unterschied zu konventionellen Passwortspeichern, ist der MobileSitter aber gegen Wörterbuchangriffe resistent. Ein Unberechtigter hat somit keine Chance, an diese Informationen zu gelangen: Gibt er ein falsches Master-Passwort ein, so bekommt er keine Fehlermeldung, sondern der MobileSitter bietet ihm Zeichenkombinationen an, die den jeweiligen Passwortregeln der Geheimkombinationen entsprechen. Der Hacker kann diese nicht von den echten Passwörtern unterscheiden, auch nicht mithilfe von Computerprogrammen. So bleibt ihm nichts anderes übrig, als die angebotenen Zahlenkombinationen auszuprobieren, wofür er zum Beispiel am Geldautomaten nur drei Versuche hat. Der MobileSitter hilft dem Hacker nicht weiter. Der Hacker könnte genauso gut versuchen, die Passwörter zu erraten.

Der rechtmäßige Anwender erkennt hingegen sofort, ob er sein korrektes Master-Passwort eingegeben hat. Hierzu zeigt der MobileSitter dem Anwender eine vom Master-Passwort abhängige Oberfläche an, die der rechtmäßige Anwender sofort wiedererkennen kann. Einem Hacker hingegen hilft diese Information nicht weiter.

Ansprechpartner

Fraunhofer-Institut für Sichere Informationstechnologie (SIT)

Dr. Markus Schneider

Telefon: 06151/869-337

E-Mail: markus.schneider@sit.fraunhofer.de

Dipl.-Inform. Ruben Wolf

Telefon: 06151/ 869-60077

E-Mail: ruben.wolf@sit.fraunhofer.de

www.mobilesitter.de

Mit der Playstation schneller Krebs erkennen

Ein Tropfen Blut genügt, um bei Patienten eine eventuelle Krebserkrankung zu diagnostizieren. Mathematiker des Berliner DFG-Forschungszentrums MATHEON beschießen hierzu mit dem Laserstrahl eines Massenspektrometers die Moleküle im Blut, wodurch diese sich lösen und zu fliegen beginnen. Je schwerer die Moleküle sind, desto länger fliegen sie. Hieraus entwickeln die MATHEON-Forscher Tabellen, in denen die Verteilung der Moleküle nach Gewicht und Menge dargestellt ist. Bei krebserkrankten Patienten können dann bestimmte Signale, sogenannte Peaks, erkannt werden. Aus diesen Peaks errechnet Dr. Tim Conrad, der das Projekt gemeinsam mit Prof. Christof Schütte betreut, Spektren, die die Unterschiede zwischen gesunden und erkrankten Patientengruppen darstellen. Dieser „Fingerabdruck des Blutes“ ist erheblich billiger als beispielsweise ein Blutbild und lässt die Diagnose von weitaus mehr Parametern zu. Trotzdem dauert auch die Analyse dieser Daten im Computer noch relativ lange. Für die Untersuchung eines Datensatzes benötigt der Computer etwa zwei bis drei Stunden.

Um die Berechnungen zu beschleunigen fand Tim Conrad eine ebenso simple wie wirkungsvolle Lösung: Da der Anspruch an moderne Spielkonsolen hinsichtlich realistischer Grafik und der Schnelligkeit immer höher wird, hat Sony in seine neueste Playstation 3 einen von IBM entwickelten Prozessor eingebaut, der acht Einheiten zum Durchführen von Berechnungen hat. Im Gegensatz zum normalen PC arbeitet dieser Cell Prozessor nicht mit einzelnen Zahlen, sondern mit Gruppen von Zahlen (Vektoren). Allerdings ist ein Power PC Prozessor vorgeschaltet, der eine spezielle Programmierung erfordert, um auf die SPE zugreifen zu können.

Nachdem diese Anpassung gelungen ist, konnten die Wissenschaftler die Spielekonsole zur Analyse von Blutproben verwenden. Die Rechenzeit konnten sie dadurch auf ein Hundertstel senken. Damit sind nicht nur mehr und schnellere Analysen möglich, sondern die Kosten können durch Einsatz der Playstation anstelle von PC-Clustern gering gehalten werden.

Ansprechpartner

DFG-Forschungszentrum Matheon

Pressesprecher: Rudolf Kellermann

Telefon: 030/314-29274
E-Mail: kellermann@matheon.de
Wissenschaftlicher Kontakt: Dr. Tim Conrad
Telefon: 030/838-51445
E-Mail: conrad@mi.fu-berlin.de
www.matheon.de

Optimale Evakuierungspläne

Mathematiker am DFG-Forschungszentrum Matheon beschäftigen sich mit der Optimierung von Netzen und Netzwerken. Solche Netze spielen zum Beispiel in der Telekommunikation und im Verkehr eine wichtige Rolle. So arbeitet Prof. Martin Skutella seit Jahren an der Optimierung unterschiedlicher Netzwerkflüsse.

Der Tsunami in Asien war für ihn Anlass, seine Ergebnisse auch auf die Optimierung von Evakuierungen zu beschäftigen. Bisher sind Evakuierungspläne meistens nach dem Prinzip *Try and Error* simuliert worden, man hat also im Computer ausprobiert, wie ganze Stadtviertel oder auch hohe Gebäude im Ernstfall schnell geräumt werden können. Ob dadurch aber vielleicht nicht doch ein Stau verursacht wird, weil viele Menschen in die falsche Richtung laufen und sich dann gegenseitig behindern, lässt sich hierbei meist erst sagen, wenn der Katastrophenfall vorbei ist.

Durch die mathematische Berechnung von Netzwerkflüssen aber können Prof. Skutella und seine Mitarbeiter für jeden Punkt am betreffenden Ort sehr genau berechnen, wie die optimalen Flucht- und Laufwege sind. Die Katastrophenhelfer wissen dann im Ernstfall genau, wohin sie Fluchtströme leiten müssen. Für ein Hochhaus beispielsweise kann mit Skutellas Algorithmen für jedes einzelne Büro gesagt werden, welcher Notausgang oder welche Treppe den schnellsten, ungefährlichsten und effektivsten Fluchtweg gewährleistet. Damit ist auch eine sehr effiziente Beschilderung von Fluchtwegen möglich.

Evakuierungsforschung betreibt Martin Skutella in zwei verschiedenen MATHEON-Projekten. Gemeinsam mit dem Verkehrsplaner Prof. Kai Nagel von der TU Berlin erforscht er im Rahmen eines vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projektes Evakuierungsmaßnahmen nach Flutkatastrophen. In einem weiteren Projekt geht es insbesondere um die Evakuierung aus großen Gebäuden, Schiffen oder Flugzeugen.

Katastrophen verhindern kann man damit zwar nicht, aber die Folgen für die betroffenen Menschen könnten sehr viel besser gemindert werden als mit den bisher angewandten Methoden.

Ansprechpartner

DFG-Forschungszentrum Matheon
Pressesprecher: Rudolf Kellermann
Telefon: 030/314-29274
E-Mail: kellermann@matheon.de
Wissenschaftlicher Kontakt: Prof. Dr. Martin Skutella
Telefon: 030/314-78654
E-Mail: martin.skutella@tu-berlin.de
www.matheon.de

Chip-Design an den Grenzen von Raum und Zeit

Moderne höchstintegrierte elektronische Schaltkreise, auch Chips genannt, sind wohl die komplexesten Strukturen, die der Mensch jemals erdacht und gefertigt hat. Die Entwicklung von Mikroprozessoren und Speicherchips geht mit atemberaubendem Tempo weiter. Schon 1975 hat Gordon Moore, der damalige Chef von Intel, vorausgesagt, dass sich die Komplexität von Chips, sprich die Anzahl von Transistorfunktionen, alle 18 Monate verdoppelt. Dieses „Moore'sche Gesetz“ hat sich bis heute bestätigt. Die Dimensionswelt eines Chips liegt weit außerhalb einer üblichen auf Menschen bezogenen Skalierung und entzieht sich daher unserer gewohnten Vorstellung von Raum und Zeit. So können wir es uns in der Tat nicht vorstellen, dass auf einem modernen Chip unter diesem Punkt · mehrere Millionen Transistoren liegen und dass auf einer Chipfläche der Größe eines Daumennagels mehrere Kilometer Verdrahtungslinien untergebracht sind.

Um diese Menge an Transistoren auf einem Chip zu platzieren, miteinander zu verdrahten und deren Funktion zeitlich zu takten, reichen schon lange keine heuristischen Methoden mehr. Nur mithilfe der diskreten Optimierung ist diese technische Entwicklung überhaupt möglich. Wissenschaftler des Forschungsinstituts für Diskrete Mathematik der Universität Bonn arbeiten seit über 20 Jahren gemeinsam mit Ingenieuren aus der Industrie an immer besseren Chip-Designs.

Dabei ist das Problem des physikalischen Designs vergleichbar mit der Aufgabe, Millionen winziger Legosteine auf einer Chipfläche von ein bis drei Quadratzentimetern anzuordnen – allerdings müssen beim echten Chip auch die Verbindungen untereinander berücksichtigt werden, wobei die Signalflüsse in der geforderten Zykluszeit möglich sein müssen. Die Taktfrequenz heutiger Hochleistungsprozessoren beträgt bis zu fünf Gigahertz – das bedeutet, dass ihr Arbeitszyklus nur noch 200 Pikosekunden (billionstel Sekunden) beträgt, die Schaltzeiten einzelner Transistoren betragen etwa 10 Pikosekunden.

Die Geschwindigkeitsverbesserungen der letzten Jahre waren oft durch technologische Entwicklungen möglich, wie zum Beispiel die Verwendung von Kupfer statt Aluminium für die Leiterbahnen oder das Verändern des Kristallgitters im Silizium durch das Einbringen von Fremdatomen, was zu schnellerem Schaltverhalten führt. Solche technologischen Entwicklungen erfordern neue Produktionsgeräte, manchmal sogar ganz neue Chipfabriken, und damit Investitionen von Milliardenbeträgen. Mathematische Ideen erreichen Verbesserungen in der gleichen Größenordnung – erfordern dagegen aber kaum Investitionskosten.

Ansprechpartner

Forschungsinstitut für Diskrete Mathematik der Universität Bonn

Prof. Dr. Bernhard Korte

Telefon: 0228/738770

E-Mail: dm@or.uni-bonn.de

www.or.uni-bonn.de

Twittern – viele Leser, aber wenig Einfluss

Beim Twittern („Zwitschern“) kann ein Benutzer kurze Nachrichten publizieren, oft handelt es sich um Plaudereien über Alltägliches und Meinungen. Doch spätestens

seit Barack Obama im Wahlkampf seine Botschaften unter das Volk „twitcherte“, versuchen auch hierzulande Politiker, über dieses Medium Einfluss zu nehmen.

Dr. Meeyoung Cha vom Max-Planck-Institut für Softwaresysteme in Kaiserslautern hat mit Kollegen aus London und Brasilien untersucht, welche Nutzer von Twitter besonders einflussreich sind. Die Wissenschaftler fanden heraus, dass die Menge der Leser, die die Beiträge eines Autors abonniert haben, nichts über den Einfluss eines Autors in der Twitter-Gemeinde aussagt. Hat ein Autor viele Abonnenten, lässt das zwar etwas auf seine Popularität schließen, nicht aber auf seinen Einfluss. Die Wissenschaftler haben nämlich nicht nur die Anzahl Leser gezählt, sondern auch, wie oft eine Person von anderen zitiert und wie oft sie erwähnt wird. So zeigte sich, dass die Autoren mit den meisten Lesern nicht automatisch diejenigen sind, die auch häufig zitiert und erwähnt werden. Ein großer Leserkreis bedeutet zwar viel Aufmerksamkeit, doch Inhalte finden vor allem durch das Zitieren Verstärkung. Wird eine Person dagegen häufig erwähnt ohne sie zu zitieren, sind die Leser mehr an der Person als an den Inhalten interessiert. Dies trifft vor allem auf Prominente wie Schauspieler und Musiker zu.

Für ihre Untersuchung griffen die Wissenschaftler auf einen riesigen Datensatz zurück: Aus einer Menge von fast 55 Millionen Nutzern filterten sie diejenigen heraus, die aktiv twitcherten – das waren sechs Millionen. Um den Einfluss dieser sechs Millionen Personen zu messen, betrachteten die Forscher, wie der gesamte Satz von 55 Millionen Nutzern mit den aktiven Nutzern interagierte.

Ansprechpartner

Max-Planck-Institut für Softwaresysteme
Dr. Meeyoung Cha
Telefon: 0681/9303-663
E-Mail: mcha@mpi-sws.org
www.mpi-sws.org

Herausgeber

Deutsche Mathematiker-Vereinigung
Medienbüro Mathematik
Thomas Vogt
TU Berlin, Institut für Mathematik, MA 6-2
Straße des 17. Juni 136, 10623 Berlin
Tel.: (030) 314 787 88
Fax: (030) 314 787 87
E-Mail vogt@math.tu-berlin.de
www.mathematik.de
www.dmv.mathematik.de

Textredaktion: Gesine Wiemer