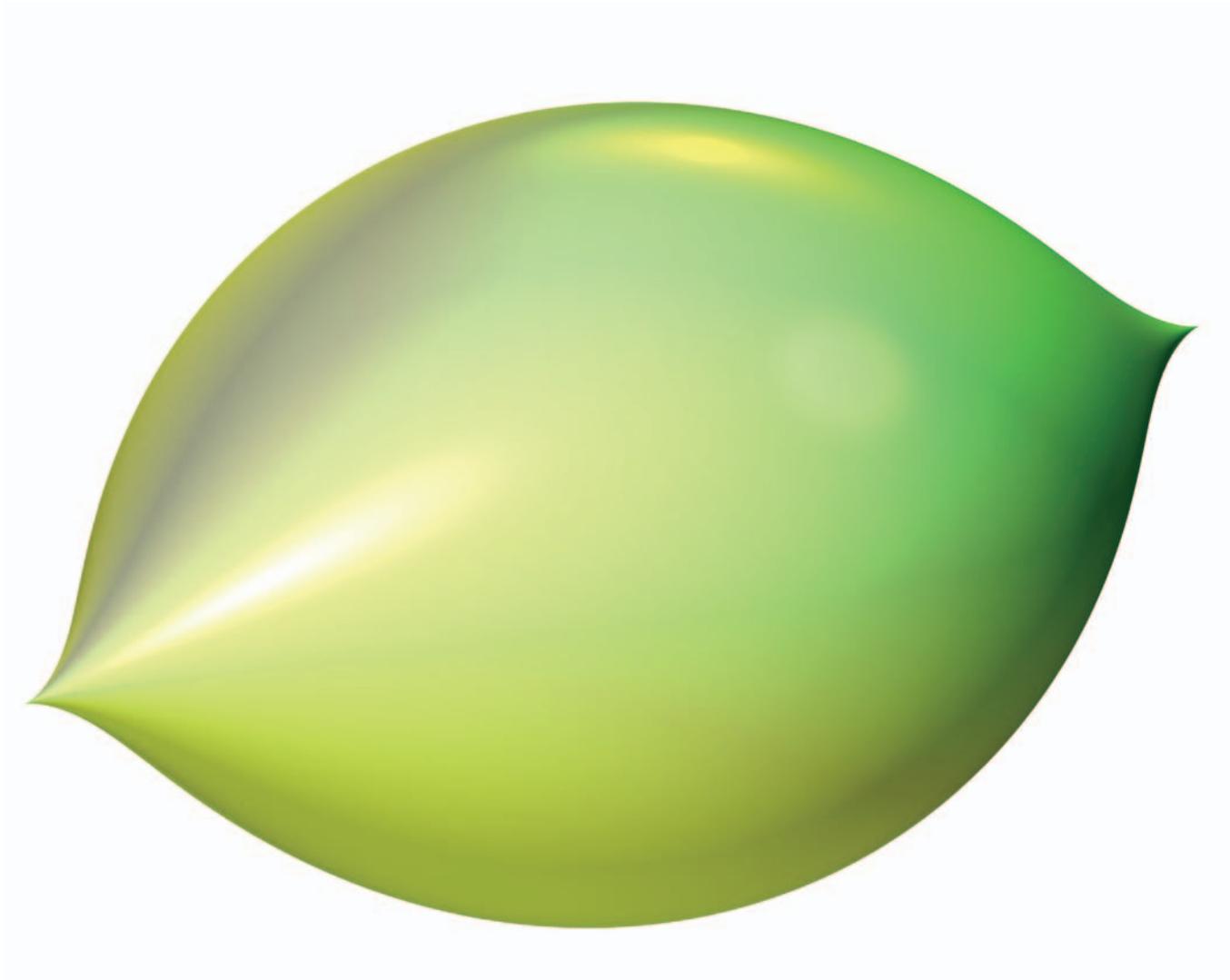


Mathematik erleben



Zitrus $x^2 + z^2 = y^3 (1-y)^3$



Fraunhofer Gesellschaft

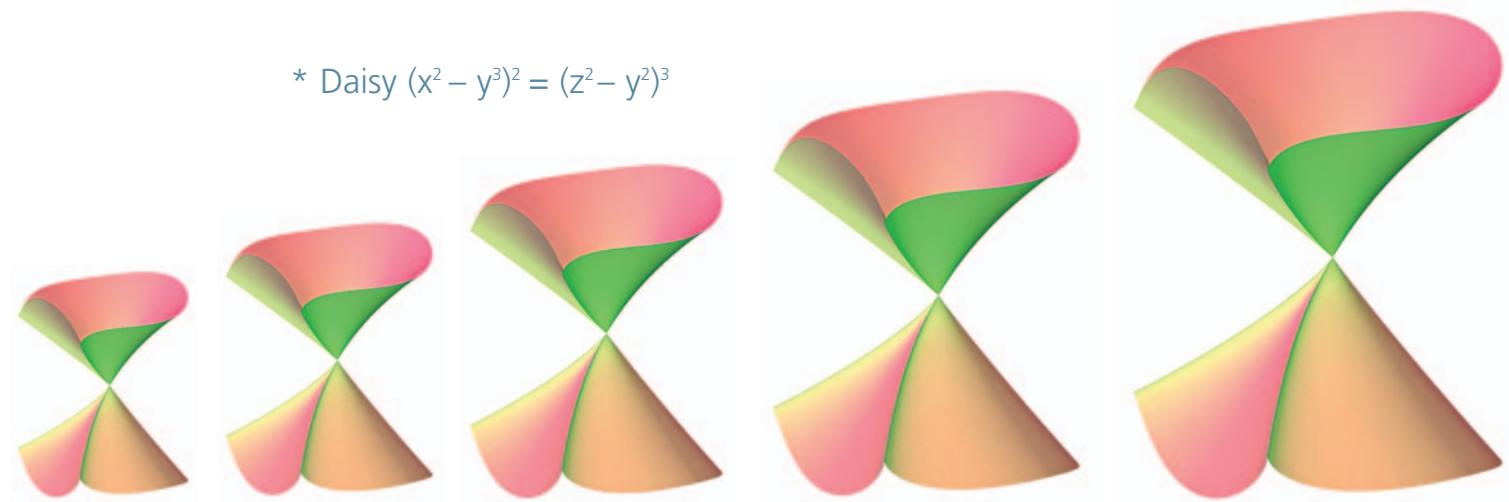
Mathematik – Schlüssel zu Innovationen

Prof. Dr. Dieter Prätzel-Wolters, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM in Kaiserslautern, und Prof. Dr. Ulrich Trottenberg, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen SCAI in Sankt Augustin.

Jahrzehntelang schlief das Dornröschen »Mathematik« – von der Welt durch ein »Dornengestrüpp von Formeln« (Konrad Knopp) getrennt. Heute ist die Mathematik eine springlebendige, charmante und äußerst hilfreiche, ja eine hübsche Prinzessin. Sie hilft bei der Anpassung von Knieprothesen, sorgt für eine optimale Behälterfüllung, macht Airbags sicherer, große Datenmengen klein und hilft bei der Suche nach neuen Rohstoffvorkommen.

Aber wer hat die Mathematik nun eigentlich wachgeküsst? Vermutlich war es der Computer, der sie erst zur »Königsdisziplin« der Technologie hat werden lassen. Die Mathematik hat sich in gewisser Weise im Computer materialisiert. Dieses Bild mag zwar die Phantasie nicht sehr beflügeln, doch ist der Umfang der in die industrielle Praxis eingehenden Mathematik in den vergangenen drei Jahrzehnten durch immer schnellere Rechner und immer effizientere Algorithmen explosionsartig gewachsen.

* Daisy $(x^2 - y^3)^2 = (z^2 - y^2)^3$



»Sie ist eine treibende Kraft hinter allen Hochtechnologien und daher eine Schlüsseltechnologie für Industrienationen. Ohne Mathematik gibt es keinen Fortschritt und keine technischen Innovationen«, schreibt Peter Löscher, Vorstandsvorsitzender der Siemens AG, in dem Buch »Mathematik – Motor der Wirtschaft«. Neben Peter Löscher schwärmen darin auch Wirtschaftsführer anderer Unternehmen für die Nützlichkeit der Angewandten Mathematik, die an deutschen Universitäten und Forschungsinstituten seit langem unangefochten zur Weltspitze gehört.

Alle natur- und ingenieurwissenschaftlichen sowie die meisten wirtschaftswissenschaftlichen Vorgänge sind Gegenstand mathematischer Beschreibung, Steuerung und Prognose. Virtuelle Modelle treten an die Stelle realer Systeme. Simulationen ersetzen kostspielige und lange dauernde Experimente. Dies alles ist kein Märchen, sondern Wirklichkeit. Es können heute Aufgaben in Angriff genommen werden, deren Lösung in den 70er Jahren noch utopisch erschien. Ein Beispiel ist die interaktive Crash-Simulation im Automobilbau. Sie ermöglicht es den Ingenieuren schon in der Ent-



Prof. Dr. Ulrich Trottenberg (li) und Prof. Dr. Dieter Prätzel-Wolters (re.).

© Fraunhofer

wurfsphase, das Aufprall-Verhalten der verwendeten Komponenten und Materialien mit zu berücksichtigen.

Der Mathematik spielt bei der Gestaltung dieser Simulationswelten eine fundamentale Rolle. Mathematische Modelle liegen horizontal in einer Landschaft vertikal angeordneter Wissenschaftsdisziplinen und technologischer Anwendungen. Dieser Querschnittscharakter der Mathematik macht sie zu einer »generischen Technologie«. Im Zentrum der Arbeit der beiden auf Angewandte Mathematik spezialisierten Fraunhofer-Institute für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM in Kaiserslautern und für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen SCAI in Sankt Augustin stehen die Umsetzung dieser Technologie in die Anwendung und ihre Weiterentwicklung in der Forschung.

Diese Umsetzung erfordert jedoch über die klassischen Disziplinen der Angewandten Mathematik – wie Numerik, Optimierung, Stochastik/Statistik sowie Differentialgleichungen hinaus spezifische Kompetenzen, mit denen die Brücke in die Welt der Simulationen und in die Zukunft gebaut wird.

Die Zukunftsaussichten sind gut

In der Industrie wird es ein auch weiterhin rasant wachsendes Potenzial an Aufgaben und Projekten geben, für deren Lösung Mathematik und Mathematiker benötigt werden. Die »Roadmap for Mathematics in European Industry«, einer europaweiten Befragung von Industrievertretern, zeigt besonders zukunftsrelevante mathematische Technologiefelder auf: Simulation, Optimierung und Regelung, Multiskalen-Modellierung und Algorithmen, Modellierung von Risiko und Entscheidung unter Unsicherheit, Verarbeitung von Daten, Texten und Bildern, High-Performance Computing und Grid Computing.

Es ist kein Zufall, dass diese Themenfelder deckungsgleich sind mit den Arbeitsgebieten von ITWM und SCAI. In ihren Projekten spannen sie einen weiten Bogen von Lowtech- zu Hightech-Firmen, von kleinen und mittelständischen Unternehmen zur Großindustrie, von regionalen Firmen zu Kunden in Europa und Übersee. Die Industrie schätzt und benötigt ihre Modellierungskompetenz, ihre Algorithmen und Softwareprodukte.

Das ITWM und das SCAI profitieren beide von einer engen Anbindung an ihre jeweils benachbarten Mathematik-Fachbereiche – beim ITWM zur TU Kaiserslautern und beim SCAI zur Universität zu Köln. Durch diese Nähe können sich die Institute auch grundlegenden Fragen und aktuellen Forschungsthemen widmen; sie beleben mit ihren anwendungsnahen Arbeiten die Lehre und sind für den exzellenten wissenschaftlichen Nachwuchs hochattraktiv.

So groß die Bedeutung der Angewandten Mathematik für die Industrie heute auch ist, an deutschen Schulen führt sie ein Schattendasein. In der Schulwirklichkeit ist von den revolutionären Entwicklungen der angewandten Mathematik (durch Rechner und Algorithmen) wenig angekommen. Daher ist es nur folgerichtig, dass das ITWM und das SCAI ihre gesellschaftliche Verantwortung darin sehen, einen Beitrag zur Verringerung der Kluft zwischen der mathematischen Praxis und der Schulwirklichkeit zu leisten.

Das Jahr der Mathematik 2008 in Deutschland bietet die einmalige Chance, die Rolle und Bedeutung der Angewandten Mathematik stärker als bisher im öffentlichen Bewusstsein zu verankern. Gerade Schülern und Lehrern kann gezeigt werden, dass das Lösen praktischer Probleme mittels der jeweils zur Verfügung stehenden mathematischen Kenntnisse die Kreativität fördert und sehr viel mehr ist als das Erlernen komplexer, oft inhaltsleerer mathematischer Formalismen.

Mit den von beiden Instituten veranstalteten Aktionen auf Bundes-, Landes- und regionaler Ebene sollen über das Jahr der Mathematik hinaus der Aufbau nachhaltige Strukturen initiiert werden, um jungen Menschen einen Weg von der Schule über das Studium ins Forschungs- und Berufsleben aufzuzeigen, auf dem sie Mathematik nicht als lästiges Dornengestrüpp, sondern als spannende, überaus nützliche Technologie kennen lernen.

Blutströmungen

Die Arbeit des menschlichen Herzens lässt sich auf dem Computer nachbilden – mit einem Programm zur Kopplung von Strömungs- und Struktursimulationen, das bei Fraunhofer entwickelt wurde.

Was lässt sich heutzutage nicht alles auf dem Computer simulieren: Verkehrsströme, Walzwerke, der Einspritzvorgang im Zylinder eines Motors oder sogar die Entstehung von Galaxien im Weltall! Seit Rechenleistung und Speicherplatz preisgünstig und fast unbegrenzt zur Verfügung stehen, hilft der Computer, überall dort die Realität abzubilden, wo es unmöglich oder zu gefährlich ist, Vorgänge »in vivo« zu beobachten. Besonders interessant ist der menschliche Körper: Zwar lassen sich durch Kernspin- oder Röntgen-Tomographie recht genaue Bilder von seinem Inneren aufnehmen, aber dynamische Vorgänge, etwa die Verhältnisse im schlagenden Herzen, kann man bisher im Einzelnen nicht am lebenden Objekt beobachten. Das ist nicht weiter schlimm, solange das Organ gesund ist. Im Krankheitsfall hätte Mediziner aber gern möglichst genaue Informationen, etwa um eine Operation zu planen oder eine künstliche Herzklappe richtig anzupassen. Da könnte eine zuverlässige Computersimulation gute Dienste leisten.

Jede Minute schlägt unser Herz mindestens 60 Mal und pumpt rund fünf Liter Blut durch den Körper. Dieses durchströmt die Gefäße und dann Hohlräume in dem kompliziert geformten Muskel mit seinen zwei Vorhöfen und zwei Herzkammern, wobei die Herzklappen wie Rückschlagventile funktionieren. Angetrieben wird das Blut durch die Kontraktion des Herzmuskels, der sich bei jedem Schlag verformt. Diesen komplizierten Vorgang auf einem Computer nachzubilden, muss ein Albtraum für jeden Mathematiker sein.

Blutfluss in den Adern, Kalk in den Arterien

Schon allein die Modellierung des Herzens ist eine Herausforderung, denn seine Form ist unregelmäßig und verändert sich beim Schlagen ständig. Man kann es also nicht einfach durch ein regelmäßiges Netz von drei- oder viereckigen Kästchen beschreiben, sondern man muss drei- und viereckige Kästchen verschiedener Größe ständig neu kombinieren, wie ein kompliziertes Puzzle. Hinzu kommt die Simulation des Blutstroms

innerhalb der Herzkammern – auch dies keine leichte Aufgabe. Für beides kann man aber heute bereits fertige Programme kaufen, die man dann nur noch an das jeweilige Problem anpassen braucht.

Die höchste Kunst aber besteht darin, die beiden Komplexe miteinander zu verbinden. »Man muss die Struktursimulation mit der Strömungssimulation koppeln«, sagt Klaus Wolf vom Fraunhofer-Institut für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen [SCAI](#) in Sankt Augustin, »denn sie beeinflussen sich gegenseitig: Die Struktur verändert die Blutströmung, und die Strömung verändert ihrerseits die Form der Herzkammer.« Er und sein Team haben für solche Zwecke in jahrelanger Kleinarbeit eine Software entwickelt, die



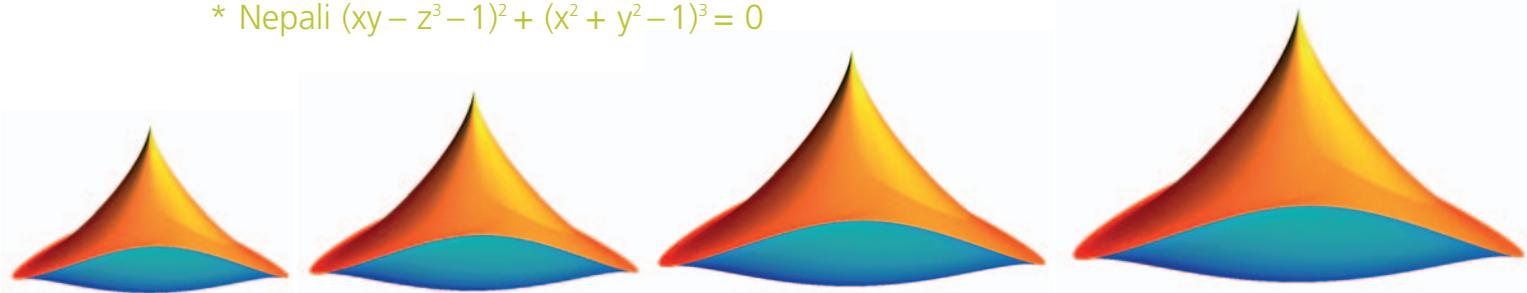
Das Herz zu modellieren, ist eine Sache, die Blutströmung zu simulieren, eine andere – aber beides miteinander zu verbinden, ist eine Kunst.

© Fraunhofer SCAI

eine Verbindung zwischen den beiden Simulations-Paketen herstellt: »Mesh-based parallel Code Coupling Interface« (MpCCI) heißt das Programm, das es erlaubt, die unterschiedlichsten Codes für die Strömungsberechnung mit den gängigsten Codes für die Struktur zu verbinden. Damit ist es fast universell einsetzbar. »Wir sind der einzige unabhängiger Hersteller weltweit«, betont Wolf. Die Kopplungssoftware wird heute schon von einer ganzen Reihe von Universitäten

Das ist vor allem wichtig, wenn das Herz beispielsweise durch einen Infarkt geschädigt ist und operiert werden soll. »Unser Traum ist es, dass das Modell eines Tages so genau arbeitet, dass wir damit konkrete Vorgaben für die Mediziner errechnen können«, sagt Schenkel. »Bis dahin ist es aber noch ein weiter Weg. Was wir heute leisten, ist Grundlagenforschung. Wir versuchen, im Detail zu verstehen, was im Inneren des Herzens abläuft.«

* Nepali $(xy - z^3 - 1)^2 + (x^2 + y^2 - 1)^3 = 0$



als Standardinstrument verwendet: Forscher an der Purdue-University im US-Bundesstaat Indiana simulieren damit den menschlichen Kehlkopf, irische Mediziner an der Universität Limerick bilden mit ihr Aneurysmen an Schlagadern nach, an der Universität Istanbul untersucht man damit den Blutfluss durch die Adern, und Wissenschaftler am Georgia Institute of Technology ermitteln durch sie, wo sich am leichtesten Kalk in den Arterien ablagern kann.

Die Anwendungen der Kopplungssoftware sind aber keineswegs auf die Medizin beschränkt. MpCCI wird überall dort gebraucht, wo zwei Subsysteme sich wechselseitig beeinflussen, sei es durch elektrische Effekte, Temperatur, Druck oder eben durch Strömungen und Verformung. Beispiele sind hier die Aero-Elastizität im Flugzeugbau, die Aerodynamik von Automobilen oder die Vibrationen in Pipelines.

Dr. Torsten Schenkel, Maschinenbauer am Institut für Strömungslehre der Universität Karlsruhe, und sein Team setzen die Fraunhofer-Kopplungssoftware in ihrem »Karlsruher Herzmodell« KaHMO ein. Sie verwenden reale MRT-Daten von Patienten, um die Form des jeweiligen Herzens im Computer nachzubilden. Dann unterteilen sie das Volumen einer Herzkammer im Computer in rund 250 000 winzige Zellen und lassen in ihrem Simulationsprogramm das Blut hindurchfließen. Tausend Mal pro Sekunde wird berechnet, wie sich die Strömung in jeder einzelnen Zelle entwickelt und wie sich parallel dazu die Herzkammer verformt.

Sein Mitarbeiter Sebastian Krittian hat in seiner Doktorarbeit das virtuelle Herz weiter verfeinert und ein Muskelmodell entwickelt, das bei gegebenen Anfangsdaten sehr realitätsnah errechnet, wie die Bewegung beim Herzschlag abläuft. Der Aufwand ist enorm: Für jede Zelle und jeden Zeitschritt berechnet Krittian die Strömungswerte mehrfach, bis sie sich im Gleichgewicht befinden. Damit hat er den Anwendungsbereich von MpCCI noch erweitert. »Wenn man das nicht tut, läuft die Simulation aus dem Ruder und ergibt Werte, die nicht mit der Wirklichkeit übereinstimmen«, weiß der Diplom-Ingenieur.

Bei einer so feinmaschigen Simulation hat der Computer ordentlich zu tun: »Unsere Linux-Workstation benötigt Rechenzeiten von ein bis zwei Wochen für einen einzigen Herzschlag«, sagt Schenkel. Damit die Resultate der Simulation die Wirklichkeit zuverlässig abbilden, haben die Forscher ihre Ergebnisse mit einem Hardware-Modell aus Silikon verglichen. An der Fachhochschule München wurde dieses Modell gebaut und der Herzschlag mit Hilfe einer Flüssigkeit nachgestellt, die Tausende von winzigen Glasperlen enthält. In dem durchsichtigen Kunstherz ließen sich die Strömungsparameter mit Hilfe von Lasertechnik messen, und die Ergebnisse einer nach dem Vorbild dieses Silikonherzens programmierten Simulation beschrieben die realen Verhältnisse gut. Dies gibt den Forschern die Zuversicht, dass ihr virtuelles Herz genauso funktioniert wie ein reales.

Brigitte Röhlein

die Welt ordnen«

Prof. Dr. Helmut Neunzert, ehemaliger Institutsleiter am Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM in Kaiserslautern, über hölzerne Backformen, die Entstehung von Ordnungsmustern und den homo-ludens-Charakter der Mathematik.

Was ist in ein paar kurzen Sätzen Mathematik?

Das ist äußerst schwierig, genauso könnten Sie sagen: Erklären Sie in ein paar kurzen Sätzen das Leben.

Trotzdem will ich es versuchen. Die beste Antwort kommt nicht von mir, sondern von Galileo Galilei:

»Das Buch der Natur ist in der Sprache der Mathematik geschrieben.« Für mich ist Mathematik die Lehre von den möglichen Ordnungsmustern. Wir müssen die Welt ordnen, sonst können wir nicht in ihr leben. Die Muster sind die mathematischen Strukturen. Meine Großmutter hatte Holzmodel (Backformen), in die sie den Teig gegossen hat. Die Welt ist der Teig, der, wenn er ungeordnet übers Blech läuft, unbrauchbar wird. Gießt man ihn in verschiedene Model mit unterschiedlichen Mustern, ordnet man ihn. Zahlen entstehen, wenn man etwa Schafherden hinsichtlich ihrer Größe vergleichen möchte. Da haben Sie die natürlichen Zahlen, zieht man einen Zaun um die Herde, kommen weitere dazu – etwa Pi. Die Geometrie beschreibt räumliche Ordnungen. Die Ordnungsmuster entstehen aus den praktischen Fragen der Menschen. Die fundamentale Frage, ob diese Ordnungsmuster schon seit Anbeginn der Welt bestehen oder erst von uns geschaffen werden, stellte schon Plato. Er sprach vom »Reich der Ideen«. Ich denke allerdings, dass wir Mathematik erschaffen, um die jeweils anstehenden Probleme zu lösen.

Gibt es den typischen Mathematiker? Nein. Mathematik ist zum Beispiel keineswegs männlich. Die Anzahl der weiblichen und männlichen Studenten liegt etwa bei je 50 Prozent. Mathematiker sind genau wie alle anderen Menschen.

Was fasziniert Sie persönlich an der Mathematik?

Diese Frage kann ich nur in zwei Teilen beantworten: Zum einen fasziniert mich das Spiel mit den Ordnungsmustern, der homo-ludens-Charakter der Mathematik. Zum anderen gefällt mir die Verbindung mit dem Nützlichen. Man wendet die Mathematik auf prakti-

Prof. Dr. Helmut Neunzert.

© Fraunhofer TWMM



sche Probleme an. Neue Ordnungsmuster entstehen, wenn wir an den Models herumschnitzen. Das ist zunächst Kunst, schöne Strukturen werden geschaffen. Dann gießen wir den Teig hinein und schauen, ob es passt. Der Teig ist ja nicht amorph, sondern hat auch verschiedene Konsistenzen, die Model, etwa Weihnachtspätzchen, müssen passen. Das Anwenden der Ordnungsmuster auf die Wirklichkeit nennt man übrigens Modellieren – man sucht für gegebene Wirklichkeiten neue Ordnungsmuster.

Wo überall ist im Alltag Mathematik versteckt?

Natürlich überall da, wo man etwas, zum Beispiel Daten, verstehen und ordnen will. Die einzige Ausnahme ist die Welt der Gefühle. In der Finanzwelt, der Welt der Spieler, geht es um Wetten, Risiko und Gewinn. Die typische Finanzmathematik schafft Modelle für das Risiko. Auf die Welt der Medizin passt der Satz von Galileo noch nicht; sie ist noch nicht in der Sprache der Mathematik beschrieben. Für mich ist sie damit noch nicht richtig wissenschaftlich. Man fängt heute erst an, die riesigen Datenmengen aus Untersuchungen – denken Sie an die Millionen Daten aus Langzeit-EKGs – zu ordnen. Früher war der Sternenhimmel für die Seefahrer zwar wichtig, aber unstrukturiert. Erst mit Kepler und Galileo konnten die Sternbewegungen verstanden und geordnet werden. In der Medizin sind wir sozusagen in vorgalileischer Zeit. Es fehlen noch die einfachen »Keplerschen Gesetze«. Klassische Bereiche der Mathematik sind alle technischen Disziplinen. Es gibt heute kaum ein technisches Produkt mehr ohne ein mathematisches Modell. Über die Simulation lässt sich vorher herausfinden, wie es sich verhält und entwickelt. Hier gibt es im Fraunhofer ITWM schöne

Beispiele: So können wir berechnen, wie man beim Schleifen von Rohedeln Verluste vermeidet. Jeder Bäckerladen um die Ecke braucht Mathematik, um Energie, Zeit und Rohstoffe zu sparen. Auch in der Politik steckt Mathematik – etwa bei der Migration.

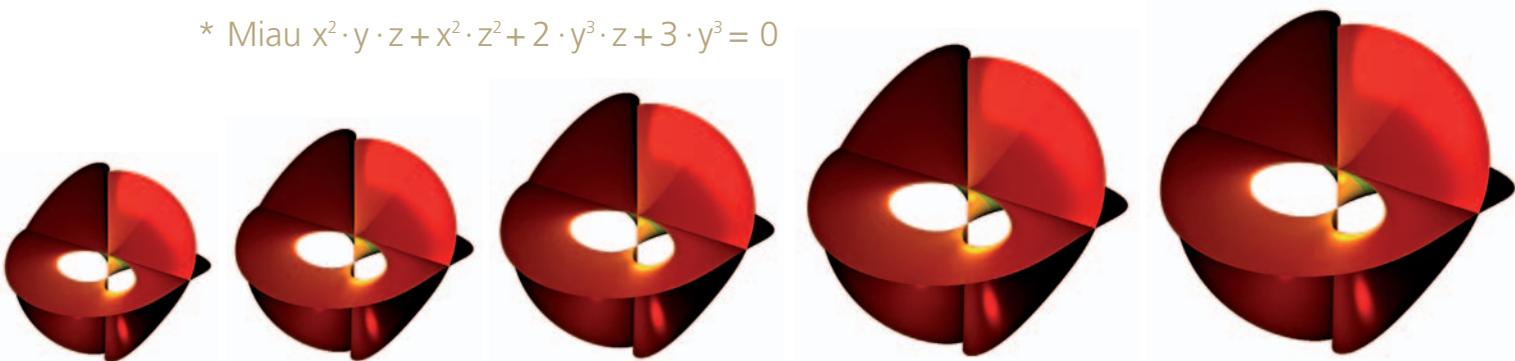
Franzosen zählen anders (80 = quatre vingt, 4 x 20), Engländer haben andere Maß- und Gewichtseinheiten, wirkt sich das auf die Mathematik aus? Verschiedene Maßeinheiten und Zahlen haben keinen Einfluss auf die Mathematik. Und doch gibt es Eigenheiten einzelner Länder. Das hat allerdings mehr mit der Geschichte zu tun. Mit großen Mathematikern, die den Stil geprägt haben – wie Leonhard Euler, der um 1700 in Basel geboren wurde. Er hat die Petersburger Akademie der Wissenschaften wieder aufgebaut. Noch 200 Jahre später war die russische Mathematik, die er geprägt hat, in Europa führend. Grob gesagt gilt: Die Franzosen sind hervorragende Theoretiker, die Italiener sehr gute Analytiker, die Engländer vor allem gute Praktiker und die Deutschen, wie die Amerikaner, so in etwa dazwischen.

Haben Sie Ihre Begeisterung für die Mathematik in der Schule entdeckt oder erst später? Mathematik war für mich in der Schule verhältnismäßig leicht, einfach und klar. Ich konnte ohne Mühe erfolgreich sein. Erfolgserlebnisse erzeugen Begeisterung.

Mathematik ihre Bedeutung wieder geben. Leider war die Mathematik Mitte des vergangenen Jahrhunderts fast bedeutungslos geworden. Die Mengenlehre ist zwar lupenreine Mathematik, aber man erkennt den Nutzen nicht. Praktische Bedeutung kam nur noch über Textaufgaben, aber auch die sind meist skurril. Ein Beispiel: Die »berühmte« Abituraufgabe vor einigen Jahren, in der ein Lichtstrahl auf ein Hausdach fällt, reflektiert wird und erneut auf ein Fenster trifft. Die Schüler sollten berechnen, wo der Lichtstrahl endet. Real will das so nie jemand wissen. Bei den Modellierungswochen beantworten die Schüler Fragen, die von der Welt wirklich gestellt werden. So wollte zum Beispiel die Austrian Airlines wissen, wie sie ihre Flugzeuge zur Fußball-EM optimal ausbuchen können. Die Schüler lösen diese Probleme, erkennen den Nutzen der Mathematik und sind wirklich begeistert.

Wie müsste der Mathematikunterricht Ihrer Meinung nach aussehen, damit sich mehr Schüler für das Fach interessieren? Es ist lange nicht so schlimm um die Mathematik bestellt, wie es immer dargestellt wird. Rund ein Drittel der Schüler ist interessiert, das ist völlig im Rahmen. Allerdings ist es in Deutschland chic, zuzugeben, Mathematik nicht zu können. Das würde in Frankreich niemand tun – und auch in Indien hieße das etwa soviel wie: »Ich bin dumm.« Die Lehrer müssen der Mathematik ihre Bedeutung wieder ge-

* $Miau \ x^2 \cdot y \cdot z + x^2 \cdot z^2 + 2 \cdot y^3 \cdot z + 3 \cdot y^3 = 0$



Was hat Sie dazu bewogen, die mathematischen Modellierungswochen – ein einwöchiges Seminar für Oberstufenschüler – ins Leben zu rufen?

Damals, in den 70er Jahren, lag so etwas förmlich in der Luft. In Oxford, in Linz, in Claremont in den USA. Wir waren die ersten, die in Deutschland angefangen haben. Ziel war es, die Schüler dazu zu motivieren, Ordnungsmuster auf praktische Probleme zu übertragen. Wir wollten damit Begeisterung wecken und der

ben, indem sie das Spielerische und das Nützliche zusammen wirken lassen. Das Jahr der Mathematik läuft bisher sehr gut und trägt ebenfalls dazu bei. Da entsteht ein Prozess, der hoffentlich <die Gesellschaft widerspiegelt. Schauen Sie, sogar in der Fraunhofer-Gesellschaft stand man der Mathematik vor zehn Jahren äußerst skeptisch gegenüber. Heute befassen sich bereits drei Institute recht erfolgreich damit.

Isolde Rötzer

Mit dem Programm »KneeMech« lässt sich eine Knieprothesen-Operation im Computer simulieren.

Ein böser Sportunfall. Das Kniegelenk ist stark lädiert, die Chirurgen müssen es durch eine Prothese ersetzen. Form, Größe und Beschaffenheit der Prothese sollten natürlich möglichst perfekt der Anatomie des Patienten angepasst sein. Doch Knie ist nicht gleich Knie. Aus diesem Grund bieten die Hersteller verschiedene künstliche Kniegelenke aus Titan an: Sie unterscheiden sich in ihrer Form und Größe, aber auch in der Beschaffenheit ihrer Oberfläche. Nur: Welche Prothese passt zu welchem Patienten? Um dem Arzt bei dieser Entscheidung zu helfen, haben Experten des Fraunhofer-Instituts für Techno- und Wirtschaftsmathematik [ITWM](#) in Kaiserslautern eine Software namens »KneeMech« entwickelt. Die Partner bei diesem von der EU geförderten Projekt waren Wissenschaftler der Universität Catania und Mitarbeiter des norditalienischen Prothesenherstellers Lima-Lto.

legen Dr. Julia Orlik und Dr. Aivars Zemitis die neue Simulationssoftware entwickelt hat. »Per Knopfdruck kann er den Knochen virtuell durchsägen.«

Digitale Prothese wird am Computer optimal eingepasst

Anschließend lädt der Arzt den CAD-Datensatz für die Prothese, den der Hersteller zur Verfügung stellt – CAD steht für »Computer-Aided Design« und bezeichnet die dreidimensionale Konstruktion eines Bauteils am Computer. Die ITWM-Wissenschaftler haben sich hierbei einen Ansatz überlegt, wie sich die unterschiedlichen Formate, in denen die Daten für Knochen und Prothese vorliegen, einfach und vor allem schnell zu einem einheitlichen Datensatz zusammenfügen lassen. Genauer gesagt werden die CAD-Daten der Pro-

* Sofa $x^2 + y^3 + z^5 = 0$



Hinter der Software stecken ausgeklügelte mathematische Verfahren. Diese ermöglichen eine schnelle virtuelle »Anprobe« der Prothese schon vor dem Eingriff. Die Ärzte können vorab die beste Prothese wählen und sie optimal positionieren – eine gute Vorbereitung auf die Operation.

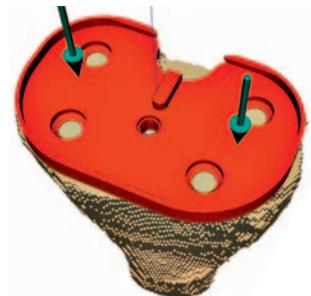
Ausgangspunkt ist eine Computertomographie-Aufnahme des Patienten – ein detailreiches und dreidimensionales Bild des gesamten Kniegelenks. »Diese Daten werden zuerst im Computer weiterverarbeitet: Die Knochen werden aus der Aufnahme extrahiert und auf dem Bildschirm visualisiert. Der Chirurg überlegt sich nun, »wo er den Schnitt setzt«, sagt Priv.-Doz. Dr. Heiko Andrä, der gemeinsam mit seinen Kol-

these in kleine Würfelchen digitalisiert, auch Voxel genannt – hilfreich vor allem für eine nachfolgende Belastungsanalyse, die mit der KneeMech-Software ebenfalls möglich ist.

Auf dem Bildschirm kann sich der Mediziner nun sowohl die Knochen als auch die Prothese von allen Seiten anschauen. Dann dreht, schiebt oder schwenkt er die virtuelle Prothese per Computerbefehl so lange hin und her, bis sie gut passt. Die Prothese muss exakt zur mechanischen Längsachse des Knochens ausgerichtet werden, um Brüche zu vermeiden. Bemerkt der Mediziner dabei zum Beispiel, dass er ein zu kleines Prothesenteil genommen hat, kann er es einfach löschen und eine größere Prothese in den Speicher laden.

Die Modelle müssen individuelle Eigenschaften der Knochen des Patienten und der Prothese genau berücksichtigen.

© Fraunhofer ITWM



Doch »KneeMech« kann noch mehr: Es erlaubt sogar einen virtuellen, schnellen Belastungstest für Prothese und Knochen. Grundlage für diese Simulation bilden spezielle biomechanische »Materialdaten«, die sich ins Programm eingeben lassen. Diese Werte hängen unter anderem von Geschlecht und Alter des Patienten ab und geben vereinfacht gesagt an, wie hart die Knochensubstanz ist.

Besonders wichtig für die Stabilität eines künstlichen Kniegelenks ist ein guter Kontakt zwischen Knochen und Prothese. Der Knochen soll möglichst tief in die poröse Oberfläche der Prothese hineinwachsen, erst dann sitzt das künstliche zementfreie Kniegelenk stabil. Um dieses Einwachsen zu ermöglichen, wird jede Prothese vor der Implantation mit einem Plasmaspray beschichtet, bestehend aus speziellen Legierungen auf Titanbasis. Je nach Art des Sprays geraten die Beschichtungen unterschiedlich rau und porös. Dadurch lässt sich die Oberfläche der Prothese der individuellen Knochenstruktur eines jeden Patienten anpassen.

Kontaktbereich zwischen Prothese und Knochen wird detailliert nachgebildet

Da der Kontaktbereich zwischen Prothese und Knochen so wichtig ist, bilden ihn die Forscher bei »KneeMech« ganz besonders detailliert nach. Die Simulation basiert auf einer höchst leistungsfähigen Variante der »Finiten-Elemente-Methode«, einem im Ingenieurwesen universell eingesetzten mathematischen Verfahren. Um herauszufinden, wie sich die Belastungen im Knochen in der Nähe der Prothese verteilen, wird das 3-D-Modell von Knochen und Prothese automatisch in mehrere Hunderttausende kleine Tetraeder – in »finite Elemente« – unterteilt.

Während der Simulation rechnet der Computer für jeden Tetraeder einzeln aus, wie groß die Beanspruchung und Verformung in ihm sind, wenn eine Kraft auf das Knie einwirkt. Mehrere Kniffe sind notwendig,

damit die Zerlegung des Prothese-Knochensystems in Tetraeder nie schief geht und die aufwändige Berechnung nach höchstens zehn Minuten fertig ist.

Wenn die Simulation startet, werden Knie und Prothese mit realistischen Druck- oder Torsionskräften belastet. Am Ende zeigt der Rechner grafisch an, wie groß die zu erwartenden Spannungen und Verformungen im Knie-Prothese-System sind. Der Chirurg kann sich sogar direkt visualisieren lassen, wie hoch die Gefahr eines Bruchs in jedem Bereich des Knochens ist. Rot steht dabei für einen Bereich, in dem relativ hohe Spannungen auftreten. In den blauen Bereichen hingegen sind diese vergleichsweise klein. »Aus diesen Informationen kann der Arzt bereits vor dem Eingriff schließen, welche Prothese mit welcher Beschichtung am besten für den Patienten geeignet ist«, sagt Dr. Julia Orlik. Ein Fortschritt gegenüber der derzeitigen Situation: Im Moment entscheidet der Arzt während der Operation, welche Prothese er am besten verwendet. Bei einer komplex geschädigten Knochenstruktur oder wenn der Austausch einer Prothese bevorsteht kann der Chirurg nun mit »KneeMech« schon im Vorfeld solange testen und tüfteln, bis er die bestmögliche Kombination gefunden hat, ohne dabei dem Patienten auch nur im Geringsten weh zu tun. Beste Voraussetzungen, um anschließend die reale Operation zügig und sicher durchzuführen.

Bislang ist die Software ein Prototyp. »Der nächste Schritt ist, KneeMech mit medizinischen Navigationssystemen zu koppeln, von denen sich Chirurgen heute zunehmend im OP-Saal unterstützen lassen. Die Berücksichtigung der patientenspezifischen Knochenstruktur in solchen medizinischen Navigationssystemen wird erlauben, möglichst präzise zu operieren«, erläutert Dr. Aivars Zemitis. Dann kann der virtuelle Belastungstest direkt am OP-Tisch gemacht werden – mit hoffentlich noch besseren Vorhersagen als mit den jetzigen Versionen von Navigationssystemen.

Frank Grotelüschen

der Geier«

Mathematik führt in der Schule ein Schattendasein. Dabei hilft sie uns fast überall, Probleme des Alltags zu lösen. Bei den Mathematischen Modellierungswochen in Lambrecht widmen sich Schülerinnen und Schüler aus Rheinland-Pfalz seit 1993 mit Spaß und Freude der Lösung verschiedenster Fragen.

Fluglinien sind clever – sie überbuchen ihre Flugzeuge, da bei nahezu jedem Flug Passagiere nicht antreten. Meist geht das gut – manchmal aber leider auch daneben. Passagiere bleiben zurück, erhalten zwar Schadensersatz und einen Platz im nächsten Flieger, doch der Imageverlust ist groß. Eine europäische Airline wollte das momentan zur Verfügung stehende Buchungssystem analysieren und wandte sich mit diesem Problem an Wissenschaftler der Universität Wien und der TU Kaiserslautern. Die Wissenschaftler gaben die Frage weiter – an die Teilnehmer der 16. Mathematischen Modellierungswoche in Lambrecht.

»Jedes Jahr bearbeiten 40 Oberstufenschülerinnen und -schüler und 16 Lehrkräfte, unterstützt durch acht wissenschaftliche Mitarbeiter, mathematische Probleme aus Industrie, Wirtschaft und Gesellschaft«, erklärt Dr. Simone Göttlich vom Fachbereich Mathematik der Technischen Universität Kaiserslautern. Zusammen mit ihrem Kollegen Dr. Martin Bracke von der AG Technomathematik ist sie verantwortlich für die Veranstaltung. »Wir überlegen uns die Aufgaben, indem wir mit offenen Augen durch die Welt gehen, Zeitung lesen und mit Kollegen sprechen«, erzählt sie. So entstand die Frage, ob sich eine Spielstrategie für das Gesellschaftsspiel »Hol's der Geier« finden lässt, quasi beim Mittagessen. »Die jungen Leute haben es tatsächlich geschafft, sogar mehrere Spielstrategien zu entwickeln. Es war einfach fantastisch, wie engagiert Schüler und Lehrer dabei waren, Spiel um Spiel dokumentiert haben, um Muster zu finden«, freut sich Göttlich.

Ein optimaler Stundenplan, in dem möglichst wenig Freistunden anfallen, war eine weitere Aufgabe. Dazu wurden ein Stundenplanmodell an die Wand geklebt und die Stunden gesteckt. Gleichzeitig hat die Gruppe ein eigenes Programm geschrieben. »Die Meinung war einstimmig: Das Programm verteilt die Stunden am

In der Modellierungswoche erfahren Schüler, wie Mathematik praktische Probleme aus Medizin, Sport und Wirtschaft löst.

© Fraunhofer ITWM



besten!«, sagt Göttlich. Wie sich ein optimales Trainingsprogramm für Radprofis erstellen lässt, untersuchte eine andere Gruppe. Ex-Radprofi Udo Bölts kam vorbei, ließ sich das bisher ermittelte Profil zeigen und steuerte Verbesserungsvorschläge und Tipps aus der Praxis bei. Weitere Aufgaben drehten sich um die 2-D-Barcode-Generation, Morgan Spurlocks »Super-Size-Me«-Experiment, Rote-Augen-Korrektur fürs Handy-Kameras und das unverzerrte Präsentieren mit einem Beamer.

»Ein wirkliches Highlight des einwöchigen Treffens war der Ausflug an das ITWM«, sind sich Sylvia Gerwalin vom Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik [ITWM](#) und Simone Göttlich einig. Die jungen Erwachsenen besichtigten das Rechenzentrum, das Bildverarbeitungslabor und die Abteilung Transportvorgänge. Besonders beeindruckte das innovative Klimakonzept, bei dem die Institutsräume durch die Abwärme der Großrechner beheizt werden.

Initiator der Modellierungswochen war der ehemalige Institutsleiter des ITWM, Dr. Prof. Helmut Neunzert (s. S. 6). »Sein Ziel ist es, junge Menschen für die Mathematik zu begeistern und im zweiten Schritt natürlich auch an das Institut heranzuführen«, sagt Gerwalin. Erstmals haben in diesem Jahr auch bayerische Schülerinnen und Schüler Gelegenheit, an einer Modellierungswoche teilzunehmen. Diese findet vom 28. September bis 3. Oktober in Garmisch-Partenkirchen statt.

Isolde Rötzer

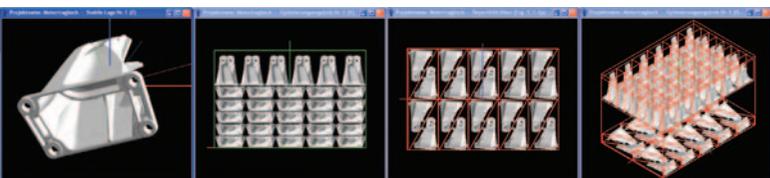
Den Untergrund sichtbar machen

Ein Weg, den kostbaren Energieträgern Erdöl und Erdgas auf die Spur zu kommen, ist die Reflektionsseismik. Dabei werden akustische Schallwellen an zahlreichen Stellen der Erdoberfläche angeregt und ihre Reflektionen registriert. Geophysiker ermitteln daraus ein Abbild des Untergrunds, das Hinweise auf mögliche Lagerstätten gibt. Zahlreiche Bearbeitungsschritte sind notwendig, um die gemessenen Rohdaten in ein interpretierbares Ergebnis zu überführen; das dauerte bisher oft Monate. Die Wissenschaftler des Competence Center High Performance Computing und Visualisierung am Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik [ITWM](#) in Kaiserslautern tragen nun mit neu entwickelten Algorithmen zur schnelleren Datenbearbeitung bei. Eine spezielle Visualisierungstechnik für große Datenmengen erlaubt eine effiziente Beurteilung der Bearbeitungsergebnisse und macht die Interpretation der erzielten Untergrundabbildungen verlässlicher. Die umfassende Datenanalyse ist seit gut drei Jahren mit Erfolg in der Ölindustrie im Einsatz.

Optimal packen

Werden Behälter optimal befüllt, lassen sich Transportkosten und Lagerkapazitäten sparen. Gerade Automobilhersteller und Zulieferer transportieren große Mengen kompliziert geformter Teile, da rechnen sich optimierte Packdichten schnell. Audi und BMW beauftragten deshalb erfahrene Verpackungsplaner am Fraunhofer-Institut für Algorithmen und Wissen-

schaftliches Rechnen [SCAI](#), eine Software zu entwickeln, mittels derer sich Standardbehälter mit baugleichen Teilen anhand von 3-D-Datensätzen (VRML) optimal befüllen lassen. Den Forschern gelang es, mit Hilfe mathematischer Optimierungsalgorithmen auch komplexe Bauteilgeometrien platz sparend zu verpacken. Die Software ermöglicht eine bessere Pa-



Auch komplexe Teile lassen sich platz sparend verpacken.

© Fraunhofer SCAI

ckungsdichte von bis zu 20 Prozent – ein Einsparungspotenzial, das sich auf viele Glieder der Logistikkette auswirkt.

Chemische Strukturen

Bioinformatiker wollen graphische Informationen über chemische Strukturen durch Software automatisch erschließen. Publikationen und Patente enthalten Strukturformeln typischerweise als Bild. Für einen Chemiker ist das kein Problem. Häufig genügt sein schneller Blick, um die chemischen Strukturen einzuordnen. Für Computer sind sie jedoch nur eine Anhäufung von Pixeln. Deshalb müssen heute Chemiker in Indien, Russland oder anderen Billiglohnländern chemische Strukturformeln per Hand abzeichnen und sie manuell in Datenbanken einpflegen. Forscher am Fraunhofer-Institut für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen [SCAI](#) haben jetzt eine Software entwickelt, die chemische Strukturdarstellungen erkennt, rekonstruiert und in ein maschinenlesbares Format umwandelt: chemoCR wird gemeinsam mit der Münchner Firma InfoChem GmbH weiterentwickelt und vermarktet.

Beste Lederqualität

Leder ist ein Naturprodukt. Die Qualität ist bislang von qualifizierten Mitarbeitern kontrolliert worden. Diese begutachten die Häute und sortieren sie nach der Anzahl und Position der



Fehler – Kratzer, Insektenbisse oder Ekzeme – in verschiedene Qualitätsklassen. Doch die Hersteller setzen vermehrt auf automatische Inspektionssysteme – eine Herausforderung für den Rechner: Störende Defekte – etwa Kratzer – sind von der normalen, natürlichen Grundstruktur – zum Beispiel, einem Blutgefäß – kaum zu unterscheiden. Am Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik [ITWM](#) in Kaiserslautern wurde für diese Aufgabe ein Prüfsystem entwickelt. Dabei tastet eine Zeilenkamera mit einer Auflösung von ca. 0,2 Millimetern pro Pixel die Häute ab. Pro Haut fallen dabei Datenmengen von rund 100 Megabyte an, für die Berechnungen benötigt man daher einen Rechnerverbund. Die Fraunhofer-Forscher haben jetzt eine neue Software entwickelt, die schnell und zuverlässig Bilder liefert, gleichzeitig aber die Rechenlast optimal auf die einzelnen Verbundknoten verteilt.

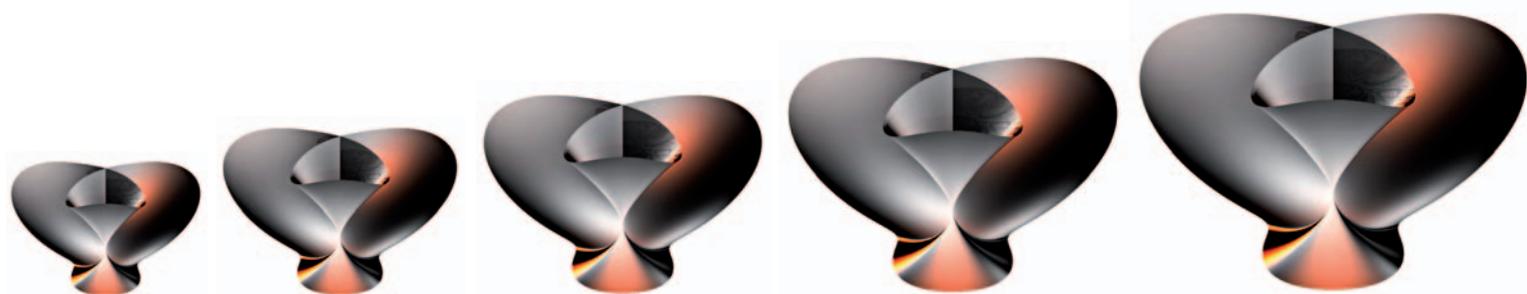
im Datendschungel

Die Vorteile der Datenreduktion kennt jeder Musikhörer: Songs für mehrere Wochen passen im mp3-Format auf eine kleine Speicherkarte. Nun geht es an die richtig großen Datenmengen: Mathematiker der Fraunhofer-Gesellschaft komprimieren sogar die Ergebnisse aufwändiger Simulationen auf ein brauchbares Maß.

»Der Deutsche Wetterdienst warnt vor heftigen Gewittern mit Starkböen und Hagel in den Landkreisen Garmisch-Partenkirchen und Bad Tölz-Wolfratshausen ...« An Unwetterwarnungen wie diese haben wir uns längst gewöhnt. Dabei sind so genaue Vorhersagen erst seit wenigen Jahren möglich. Dahinter stecken Computersimulationen des kommenden Wettergeschehens: Wie sich Luftdruck, Temperatur und Niederschläge in den vergangenen Tagen und Wochen entwickelt haben, ist bekannt. Mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit lässt sich aus diesen Daten berechnen, was diese Einflüsse für das Wetter in der nahen Zukunft bedeuten – da wird zum Beispiel ermittelt, wohin ein Hochdruckgebiet oder eine Regenfront am ehesten wandert. Bis vor ein paar Jahren konnten die Wetterexperten das Geschehen nur relativ ungenau

Ihre Software GRIBZIP reduziert die Datenmengen der Wettersimulationen auf ein Drittel. Ein Jahr lang speichert der Offenbacher Wetterdienst die Simulationsdaten, um aus ihnen zu lernen – und dabei fallen mehrere Petabyte an Daten an. Eine schier unvorstellbare Menge: Ein Petabyte ist eine Million Gigabyte. Um diese Datenflut zu verringern, nutzt die Software geschickt aus, dass das Wettergeschehen an zwei benachbarten Gitterpunkten nicht unabhängig voneinander ist. »Mathematische Verfahren können diese Abhängigkeiten erkennen, ausnutzen und so die Informationsdichte reduzieren«, sagt Prof. Dr. Ulrich Trottenberg, Leiter des Fraunhofer SCAI und Mitglied des vom Bundesforschungsministerium einberufenen Koordinierungskreises zum »Jahr der Mathematik«.

* Taube $256 \cdot z^3 - 128 \cdot x^2 \cdot z^2 + 16 \cdot x^4 \cdot z + 144 \cdot x \cdot y^2 \cdot z - 4 \cdot x^3 \cdot y^2 - 27 \cdot y^4 = 0$



vorhersagen, nämlich für ein Quadrat mit 120 Kilometern Kantenlänge. Mehr gaben die Computer damals nicht her. Vor allem hätte man noch mehr Daten weder speichern noch schnell abrufen können.

Das hat sich inzwischen geändert: 2,8 mal 2,8 Kilometer messen die Quadrate, mit denen der Deutsche Wetterdienst für seine Vorhersagen derzeit die Landkarte Deutschlands überzieht. Er nutzt dabei ein Verfahren zur Datenkompression, das Forscher am Fraunhofer-Institut für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen SCAI in Sankt Augustin entwickelt haben.

Auch die Automobilindustrie ist auf Verfahren zur Datenkompression angewiesen. Denn viele Aufpralltests werden heute auf einem Computer simuliert. Bei einem einzigen dieser virtuellen Crashes kommen bereits mehrere Gigabyte an Daten zusammen. »Beispielsweise fährt AUDI pro Tag tausend Autos im Rechner gegen die Wand«, sagt SCAI-Forscher Rodrigo Iza-Teran. Nicht nur wegen der begrenzten Speicherkapazität möchte die Industrie diese Datenmengen reduzieren, auch der Datenverkehr kommt bei diesen Mengen leicht zum Erliegen: »Probleme gibt es, wenn viele Entwickler in einem Firmennetzwerk gleichzeitig auf



Dank einer neuen Komprimierungs-Software ist das Speichern von detaillierten Wettersimulationen kein Problem mehr.

© Fraunhofer SCAI

Ergebnisdaten von mehreren Gigabyte zugreifen wollen«, weiß Josua Lidzba aus der Arbeitsgruppe Kompression des SCAI. Ganz zu schweigen von der Übertragung von Simulationsergebnissen zu Kunden, die wegen der Vertraulichkeit über spezielle, teure Datenleitungen abgewickelt werden muss.

Mathematik lässt Daten schrumpfen

Immer mehr Autohersteller setzen daher FEMZIP ein, ebenfalls eine Software zur Datenkompression, welche die Fraunhofer-Mathematiker entwickelt haben. FEM steht dabei für die »Finite Elemente-Methode«. Die Ingenieure arbeiten dabei, genau wie die Wetterspezialisten, mit einem virtuellen Gitternetz – in diesem Fall werden damit die Bauteile eines Pkw überzogen. Die beiden Software-Produkte unterscheiden sich aber in einem wichtigen Punkt: Bei FEMZIP haben die Forscher bewusst in Kauf genommen, dass Genauigkeit verlorengelht. Zum Beispiel wird die Verformung des Kfz mit einer Genauigkeit von weniger als einem Zehntausendstel Millimeter berechnet. Eine Auflösung von 0,1 Millimetern tut es aber auch. »Wir schneiden sozusagen weit hinter dem Komma die allerletzten Stellen des Ergebnisses ab«, sagt Clemens-August Thole, der am SCAI die Abteilung »Numerische Software« leitet. Die Folge ist in diesem Beispiel, dass statt 32 nur noch 16 Bit Speicherplatz benötigt werden.

„Ein weiterer Trick besteht darin, die sich verändernden Inhalte möglichst gut, aber mit geringem Rechenaufwand vorherzusagen und diese Ergebnisse mit der

Simulation abzugleichen, – ähnlich wie bei der Videocodierung«, sagt Matthias Rettenmeier vom SCAI. Hier ist die Mathematik gefragt: »Die Differenz zwischen Vorhersage und Simulationsergebnis ist klein und kann daher mit Standardverfahren gut komprimiert werden.« Insgesamt lässt sich das Datenmaterial so in der Regel auf ein Zehntel komprimieren; jeder Anwender kann dabei selbst entscheiden, welche Schrumpfung seine Simulationsergebnisse vertragen. Fast alle deutschen Automobilhersteller setzen die Software bereits ein. Zumal die Dekompression inzwischen in viele Programme integriert ist, mit der die Simulationsergebnisse ausgewertet und dargestellt werden können.

Der Deutsche Wetterdienst hat mit GRIBZIP ebenfalls gute Erfahrungen gesammelt. Er wird das Raster für die Vorhersagen noch einmal enger ziehen: Schon 2012 wollen die Wetterexperten nur noch einen Kilometer Kantenlänge erreicht haben. Das ist nicht zuletzt im Alpenvorland wichtig: Dort ist es nicht egal, in welchem der vielen Bäche die heftigen Regenfälle eines Sommergewitters landen – weil sich der eine letztlich in die Donau, der andere in den Rhein ergießt. Feuerwehren und Wasserwirtschaftsämter brauchen möglichst genaue Vorheraussagen, um sich gezielt auf Unwetter einstellen zu können. Wenn wir also demnächst »vor heftigen Niederschlägen mit Starkböen im Bereich des Kochelsees und Hagel in der Stadt Bad Tölz« gewarnt werden – dann ist das ein Ergebnis mathematischer Berechnungen für Simulation und Datenkompression.

Hellmuth Nordwig

»Hier entsteht Zukunft«



Städte besser vor Hochwasser schützen, Kisten optimal packen oder elektronisch scrabbeln – Mathematik macht es möglich. Dass Mathematik im Alltag hilft, spannend ist und Spaß macht, davon konnten sich in diesem Jahr die Besucher bei zahlreichen Veranstaltungen überzeugen.

2008 waren Fraunhofer-Institute, die sich mit Mathematik beschäftigen besonders gefragt: Die Fraunhofer-Institute für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen SCAI und für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM standen mit Vorträgen und Exponaten beim »Tag der Technik« in Bonn, dem Wissenschaftssommer in Leipzig und auf der »MS Wissenschaft« im Mittelpunkt des Interesses.

»Leinen los«

Auftakt des Veranstaltungsjahrs war der Start der MS Wissenschaft am Mittwoch, dem 7. Mai. Die Software »PackAssistant« lädt Besucher ein, ihr dreidimensionales Denken zu testen. Wie ordnet man gleiche Teile in einer Kiste so an, dass möglichst viele von ihnen hinein passen? Das Programm errechnet hierzu schnell die beste Lösung, doch auch einige Gäste schlugen sich nicht schlecht. Das elektronische Scrabble wiederum macht Nachschlagen in Lexika überflüssig. Es verrät dem Spieler automatisch, ob es das Wort überhaupt gibt und ob nicht ein anderer Begriff mehr Punkte bringt. Wie hilfreich Mathematik ist, zeigten auch zwei weitere Fraunhofer-Exponate: Sie finden Unregelmäßigkeiten auf Kuhhäuten und sparen sie beim Zuschnitt automatisch aus oder simulieren Hochwassergebiete, um Dörfer und Städte besser schützen zu können. Bis Anfang September standen 31 Städte auf dem Fahrplan des Matheschiffs, das von Wissenschaft im Dialog (WiD) unterstützt und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF und der Klaus Tschira Stiftung organisiert wird.

Taufe der »MS Wissenschaft« – das Matheschiff.
© Ilja C. Hendel/WiD



Bundespräsident Horst Köhler zu Besuch am Fraunhofer SCAI.
© Fraunhofer SCAI



Schüler testen das elektronische Scrabble-Spiel.
© Ilja C. Hendel/WiD

»Hier entsteht Zukunft«

Hoher Besuch am SCAI. Bundespräsident Horst Köhler informierte sich auf Schloss Birlinghoven über die Bedeutung der Angewandten Mathematik und ihre vielfältigen Einsatzmöglichkeiten. Der Bundespräsident war begeistert von den Forschungsarbeiten. »Ich bin beeindruckt und fasziniert. Hier entsteht Zukunft – für uns alle«, schrieb er in das Gästebuch des Instituts.

Zum Tag der Technik verwandelte sich der Park vor Schloss Birlinghoven in einen Zirkus-Festplatz.

© Fraunhofer SCAI



In den Bussen der Technischen Werke Kaiserslautern hängen Plakate mit mathematischen Fragen, die einen Bezug zu Kaiserslautern haben.

© Fraunhofer ITWM

Zirkus am »Tag der Technik«

Zum »Tag der Technik« am 14. Juni verwandelte sich der Park vor Schloss Birlinghoven in einen Zirkus-Festplatz. Hauptattraktion waren zwei Vorstellungen in der »Manege der Innovationen«. Fernsehmoderator Helge Haas stellte den rund 600 Gästen spannende Fragen rund um die Mathematik. Etwa: »Wenn man ein Seil straff um den Äquator legt und es dann um einen Meter verlängert, passt dann wohl eine Maus darunter hindurch?« Oder: »Wie funktioniert eigentlich Datenkompression, ohne dass danach etwas fehlt?« Auch Fraunhofer-Präsident Professor Hans-Jörg Bullinger und Prof. Dr. Ulrich Trottenberg, Instituttleiter des SCAI besuchten den »Tag der Technik«.

Kopf oder Zahl

Mehr als 25 000 Menschen kamen zur Bonner Wissenschaftsnacht am 4. Juli. Vom 2. bis 5. Juli nutzten viele die Gelegenheit zu einem Besuch im Mathematikzelt »Kopf oder Zahl« auf dem Bonner Münsterplatz. Im Mittelpunkt stand auch hier der »PackAssistant«. Zu den Gästen zählte neben anderen der Vorsitzende der Deutschen Telekom Stiftung, Dr. Klaus Kinkel.

Im Hauptgebäude der Universität präsentierte Prof. Dr. Rudolph Lorentz die Arbeiten des Fraunhofer SCAI zur Datenkompression. Anschaulich zeigte er die Auswirkungen von verlustbehafteter Kompression auf Bild- und Audiodaten. Auch die Mathematikshow »Manege der Innovationen« fesselte erneut mit ihren mathematischen Rätseln – diesmal im Zelt auf der Bonner Hofgartenwiese.

Mathematik in Stadt und Land

Das Fraunhofer ITWM ließ zum »Jahr der Mathematik« extra einen Gelenkbus der TWK Technische Werke Kaiserslautern mit Mathe-Motiven ausstatten. Und in Kaiserslautern wurde das Mathematikjahr ebenfalls – wenn auch in kleinerem Rahmen – gefeiert: etwa beim »99. MNU-Kongress« oder am »Tag der Mathematik« an der Technischen Universität. Im September lädt das ITWM zum »Tag der Offenen Tür« ein.

Die Einwohner von Kaiserslautern können außerdem noch bis November beim Wettbewerb »Mathematik bewegt – steig' ein« mitmachen. Dazu müssen sie jeden Monat eine mathematische Aufgabe lösen, die in den Stadtbussen aushängt. Es ging dabei beispielsweise um ein Bewässerungskonzept für die Gartenschau Kaiserslautern.

Jahrmarkt der Mathematik

Wie viele Knochen hat der Mensch? Wie viele Zellen? Das Fraunhofer-Institut für Zelltherapie und Immunologie IZI stellte beim Wissenschaftssommer in Leipzig Fragen zum Thema »Der Mensch in Zahlen«. Den Auftakt der Veranstaltung bildete die erste Lange Nacht der Wissenschaften in der Musikstadt. Am IZI konnten sich die Besucher über Stammzellen, regenerative Medizin und Immunologie informieren. Das Fraunhofer-Zentrum für Mittel- und Osteuropa MOEZ bot einen spannenden Einblick in die Welt Mittel- und Osteuropas. Hauptattraktion des Wissenschaftssommers war der »Jahrmarkt der Wissenschaften«.

Isolde Rötzer

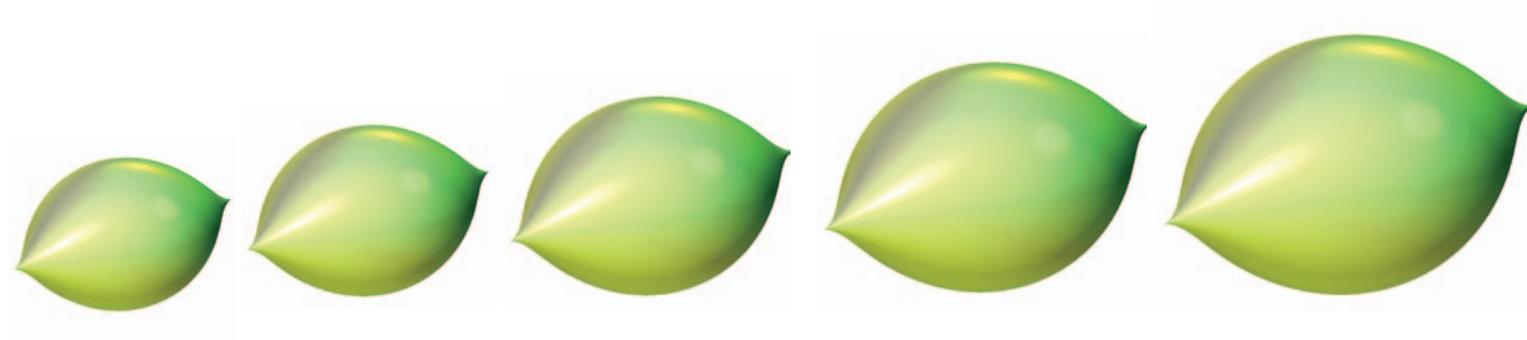


Besucherandrang beim »PackAssistant« auf der »MS Wissenschaft.«

© Ilja C. Hendel/WiD

Kunst und Mathematik *

3D-Objekte, virtuelle Welten und interaktive Installationen – in der Kunst ist oft Mathematik im Einsatz. Die Ausstellung »Imaginary – Mit den Augen der Mathematik« zeigt die ästhetische und visuelle Komponente der Mathematik und erläutert die theoretischen Hintergründe. Die Motive dieser Ausstellung sind auch in der Beilage zu sehen.



Impressum

Fraunhofer-Gesellschaft
Presse und Öffentlichkeitsarbeit
www.fraunhofer.de

Konzept + Redaktion:
Birgit Niesing, Isolde Rötzer
Layout: Vierthaler & Braun

Abbildungen:
© Fraunhofer-Gesellschaft;
Mathematisches Forschungsinstitut
Oberwolfach