

Die Fraunhofer-Gesellschaft

Forschen für die Praxis ist die zentrale Aufgabe der 1949 gegründeten Fraunhofer-Gesellschaft. Sie ist heute die führende Organisation für angewandte Forschung in Europa. Unter ihrem Dach arbeiten 72 Institute und Forschungseinrichtungen an Standorten in ganz Deutschland. Mehr als 25 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter erzielen das jährliche Forschungsvolumen von 2,3 Milliarden Euro.

Kaiserslautern ist der Standort des Fraunhofer-Instituts für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM. Kooperationen mit exzellenten Forschungspartnern und innovativen Unternehmen in aller Welt sorgen für einen direkten Zugang zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen. Namensgeber der als gemeinnützig anerkannten Fraunhofer-Gesellschaft ist der Münchner Gelehrte Joseph von Fraunhofer (1787 bis 1826). Er war als Forscher, Erfinder und Unternehmer gleichermaßen erfolgreich.



„Als Innovationstreiber der Wirtschaftsstandorte Deutschland und Europa ergreift die Fraunhofer-Gesellschaft Initiativen zur Lösung künftiger Herausforderungen und entwickelt daraus technologische Durchbrüche. Seit jeher zählt auch die Mathematik zu den zentralen Schlüsselfaktoren

des Fortschritts in der Wirtschaft und der Gesellschaft. Das Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM bildet mit seinen Kompetenzen in zahlen- und formelbasierter Modellierung, Simulation und Optimierung die Speerspitze dieser anwendungsorientierten Industrielösungen. Die im Fraunhofer ITWM entwickelten Modelle, Algorithmen und Softwareprodukte bedienen vielfältige Industriebedarfe im Bereich der Digitalisierung.“

Prof. Dr.-Ing. habil. Reimund Neugebauer
Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft e.V.

Problem findet Lösung

Ist Mathematik für die Anwendung geeignet? Aber ja, sagt man am Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik. Die Forscher dort treiben die mathematische Forschung voran und legen so die Basis für viele technische Neuerungen

von Bernd Müller

Am Anfang schuf Gott Himmel und Erde. So steht es zumindest in der Bibel. Es könnte allerdings sein, dass Gott, bevor er sich mit irdischen Dingen beschäftigte, erst etwas anderes erschuf: die Mathematik. Die knifflige Frage lautet: Sind die mathematischen Gesetze eine Eigenschaft der Natur – oder bloß eine Erfindung des Menschen, um die Welt zu beschreiben? „Mathematik ist das Alphabet, mit dessen Hilfe Gott das Universum beschrieben hat“, meinte der Astronom Galileo Galilei. Für den

Philosophen Ludwig Wittgenstein ist sie dagegen „eine Methode der Logik“, also etwas von Menschen Gemachtes. Ob die Mathematik eine Eigenschaft des Universums, eine Folge biologischer Evolution oder eine kulturell erworbene Fähigkeit ist, bleibt bis heute umstritten.

Mathematik ist Schlüsseltechnologie Unstrittig ist: Die Mathematik, wie sie der Homo sapiens betreibt, beschreibt unsere Welt vorzüglich. Schon die frühen Gelehrten in Mesopotamien und Griechenland

vor Tausenden Jahren nutzten sie, um ihre Umgebung zu beschreiben. Fortan wuchs die Mathematik an ihren Aufgaben. Schon immer war sie die Sprache der Naturwissenschaften und der Technik, mit der Industrialisierung wandelte sie sich zu einem zentralen Werkzeug für alle anderen Wissenschaften, die einen hohen Formalisierungsgrad haben – allen voran die Physik. In den letzten 20 Jahren folgte ein erneuter Wandel, diesmal rasant und tiefgreifend – dem Computer sei Dank, der die Mathematik in den Rang einer Schlüssel-



technologie gehoben hat. Der Computer ist vielleicht die reinste Form zu Technik gewordener Mathematik. Viele Innovationen sind nur noch mit Mathematik und Computer möglich. Digitalisierung, Big Data, künstliche Intelligenz wären ohne beide undenkbar. Und sollte es die Menschheit doch noch schaffen, den drohenden Klimakollaps abzuwenden, wird Mathematik dabei bestimmt eine wichtige Rolle spielen.

Wenn ein Mathematiker von anwendungs- oder praxisorientierter Mathematik spricht, ist es ratsam nachzufragen, was er damit meint. Forscht und lehrt er an einer Universität, wird er unter angewandter Mathematik in der Regel nur solche Probleme verstehen und lösen wollen, die einer eindeutigen mathematischen Analyse zugänglich sind. Er meint also Probleme, die sich mit Existenz- und Eindeutigkeitsaussagen für die Lösung und Konvergenzaussagen für die verwendeten numerischen Methoden beweisen lassen.

Effektive Lösung echter Probleme

Dadurch sind die in der mathematischen Literatur behandelten „Anwendungen“ oft stark idealisiert und nicht besonders praxisnah. Erst die Etablierung von

Technomathematik, Wirtschaftsmathematik also zwei Herangehensweisen, die unterschiedlicher nicht sein könnten. Auf der einen Seite steht die methodengetriebene Mathematik aus der Universität, die zur Lösung praktischer Probleme die Modelle so abschleift, dass man sie mathematisch behandeln kann. Auf der anderen Seite geht man vom Problem aus, schaut, welche Methoden darauf passen und entwickelt, wo nötig, auch neue methodische Konzepte. „Unsere Forschung ist nicht methodengetrieben, sondern problemgetrieben“, betont Dieter Prätzel-Wolters, Leiter des Fraunhofer ITWM. Keine Frage: Das Institut verfolgt den zweiten Weg. Was gerade benötigt werde, hänge von der Fragestellung ab. Das ITWM und das ebenfalls mathematisch orientierte Fraunhofer-Institut für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen SCAI entwickeln neue Modelle und Methoden oder passen vorhandene an, verbessern sie und machen sie schneller.

Technomathematik, Wirtschaftsmathematik also zwei Herangehensweisen, die unterschiedlicher nicht sein könnten. Auf der einen Seite steht die methodengetriebene Mathematik aus der Universität, die zur Lösung praktischer Probleme die Modelle so abschleift, dass man sie mathematisch behandeln kann. Auf der anderen Seite geht man vom Problem aus, schaut, welche Methoden darauf passen und entwickelt, wo nötig, auch neue methodische Konzepte. „Unsere Forschung ist nicht methodengetrieben, sondern problemgetrieben“, betont Dieter Prätzel-Wolters, Leiter des Fraunhofer ITWM. Keine Frage: Das Institut verfolgt den zweiten Weg. Was gerade benötigt werde, hänge von der Fragestellung ab. Das ITWM und das ebenfalls mathematisch orientierte Fraunhofer-Institut für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen SCAI entwickeln neue Modelle und Methoden oder passen vorhandene an, verbessern sie und machen sie schneller.

Dass diese Forschung weit entfernt davon ist, bloßer Transfer zu sein, wird in der akademisch geprägten, universitären Mathematik häufig verkannt. Aus dem Elfenbeinturm ist dann zu hören, dass eine solche praxisorientierte Mathematik keine richtige Mathematik sei. Oder dass die wirklich neue Mathematik an den Universitäten entwickelt werde, losgelöst von praktischen Anwendungen. Und dass sie, wenn überhaupt, erst mit Zeitverzögerung in der Industrie Anwendung finde. Doch die Erfolge und die hohe Nachfrage nach der Expertise der mathematikorientierten Fraunhofer-Institute sprechen eine andere Sprache.

Zuverlässig und objektiv

Mit Mess- und Versuchsdaten validierte mathematische Modelle liefern zuverlässige Vorhersagen und in höchstem Maß objektive Ergebnisse. Konsens besteht außerdem darin, dass Mathematik die Wissenschaft mit dem höchsten Abstraktionsgrad ist. Ihre Resultate sind in einer weitgehend genormten Sprache formuliert. Doch diese Sprache ist offenbar schwer zu erlernen. Wie sonst ist es zu erklären, dass das Kokettieren mit der eigenen Unzulänglichkeit („In Mathe war ich immer schlecht“) mit einem Augenzwinkern wohlwollend anerkannt wird?

Die Gesellschaft ist sich der Bedeutung der Mathematik zu wenig bewusst, hält Mathematiker für introvertierte Nerds. „Es wird aber besser“, findet Dieter Prätzel-Wolters. Er spüre heute mehr Interesse, wenn man sich als Mathematiker oute. Ganz wichtig ist dabei auch eine Veränderung des Mathematik-Unterrichtes an den Schulen und die Förderung des Nachwuchses. So veranstaltet das ITWM Modellierungswochen, wo Schülerinnen und Schüler der Oberstufe eine Woche lang



▲ Fesselndes Farbenspiel: Besucher bestaunen während einer Führung durch das Institutsgebäude die in ein leuchtendes Lichtspiel gehüllte Kuppel des Fahrzeugsimulators RODOS.

mathematische Modellierung an realen Beispielen lernen. Das führt zu einem Aha-Effekt: Mathematik ist überall und man kann sie tatsächlich praktisch anwenden.

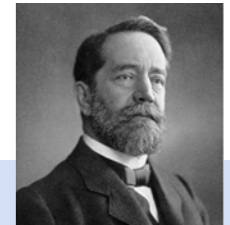
Leider nicht in der Politik. Die Entscheidungsträger dort hätten die Wichtigkeit angewandter Mathematik für Innovation und technischen Fortschritt noch nicht hinreichend erkannt, meint Prätzel-Wolters. Beispiel: Einen Fördertopf für die Mathematik im gleichen Umfang wie für die Nano- und Biotechnologie gibt es nicht. „So etwas bräuchten wir aber dringend“, stellt der ITWM-Leiter fest. Da helfe nur hartnäckige Aufklärung, etwa durch Gespräche auf EU-Ebene, um sich in Forschungsprogramme mit einzubringen.

Im Kern viel Tradition

Wie geht es mit der Mathematik weiter? So wie sie heute betrieben wird, besteht sie zu einem großen Teil aus bewährter Tradition. Im Vordergrund stehen altbekannte Gebiete wie Algebra, Geometrie, Topologie, Zahlentheorie, Analysis, Funktionentheorie, Numerik, Stochastik und Optimierung. Die Grundstruktur aus Axiomen, Definitionen, Lemmata, Theoremen,

Beweisen und Beispielen gehört quasi zur DNA der Mathematik und wird sich nicht ändern.

Neuerungen bringt vor allem der Computer. So ist das wissenschaftliche Rechnen entstanden und die experimentelle Mathematik. Darin beschäftigen sich Forscher mit sehr komplexen Vorgängen wie hochdimensionalen Problemen, die mit Papier und Bleistift nicht berechenbar wären. Das hat für Mathematiker neue Betätigungsfelder geschaffen. Aber auch in den klassischen Gebieten der Mathematik hat der Computer neue Möglichkeiten dafür eröffnet, Hypothesen zu überprüfen und Beweise zu führen. Die experimentelle Mathematik hat auch hier ihren Stellenwert. Viele Mathematiker nutzen zudem Computerprogramme, um sich inspirieren zu lassen. Einen Gegensatz von klassischer und „Quanten-Wissenschaft“ wie in der Physik gebe es in diesem Fach nicht, sagt Dieter Prätzel-Wolters. Allerdings: „Die Mathematik wird immer mehr zum Motor für Innovationen. Sie bildet das Herzstück der heute so wichtigen Algorithmen und der Digitalisierung. Sie wird die Anwendungen revolutionieren.“ ●



Felix Klein Mathematik im Einklang

Die reine mathematische Lehre hier, die angewandte Mathematik zur Lösung von Problemen aus Technik und Alltag dort – diesen Gegensatz hat der Göttinger Professor Felix Klein nicht gesehen. Im Gegenteil: Für den 1849 in Düsseldorf geborenen Mathematiker ergänzten sich Theorie und Praxis perfekt. Der Erfolg gab ihm Recht. Nachdem Klein als Professor an die Universität Göttingen berufen wurde, entwickelte sich die dortige Fakultät zum Zentrum der mathematischen Forschung. Inzwischen ist auch Kaiserslautern ein Mekka der Mathematik. Der Wissenschaftler war daher der ideale Namensgeber für das 2008 gegründete Felix-Klein-Zentrum für Mathematik, einer institutionellen Verbindung zwischen dem Fachbereich Mathematik der TU Kaiserslautern und dem Fraunhofer ITWM. Der Schwerpunkt des Zentrums ist die Nachwuchsförderung, zum Beispiel mit Stipendien und einem Mentoren-Programm für Mathematik-Studierende. Die Kaiserslauterer Forscher haben auch die Schulmathematik im Blick: In sogenannten Modellierungswochen lösen Schülerinnen und Schüler Aufgaben aus dem ITWM-Projektalltag und lernen so die angewandte Seite der Mathematik kennen. Für berufserfahrene Forscherinnen und Forscher organisiert die Felix-Klein-Akademie Konferenzen und Workshops mit international anerkannten Wissenschaftlern – Weiterbildung auf hohem Niveau!
www.felix-klein-zentrum.de



◀ Beim Science Slam zur „Nacht, die Wissen schafft“ im Hörsaal des Fraunhofer-Zentrums unterhält Sven Krumke, Professor an der TU Kaiserslautern, die Zuhörer.