

Algorithmische Mathematik

- eine Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts an der JKU

Leitartikel von Univ.Prof. Dr. Peter Paule

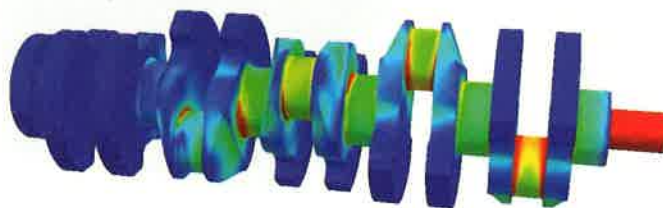
Im Zuge der rasanten technologischen Entwicklung hat die Mathematik die Rolle einer Schlüsseltechnologie eingenommen. Durch intensive Verbindung von Mathematik mit dem Computer entstand eine neue Schlüsseldisziplin innerhalb der Mathematik: die Algorithmische Mathematik. In einem Cluster, der Grundlagenforschung mit industrieller Anwendung verzahnt, wird an der JKU Mathematikforschung auf Weltklasseniveau betrieben.



Immer leistungsfähigere Computer ermöglichen es, riesige Datenmengen zu speichern, zu verarbeiten, und daraus - auf der Basis von mathematischen Modellen - neue Informationen zu gewinnen. Vorgänge aus Naturwissenschaft, Technik und Wirtschaft werden auf Rechnern simuliert. Entsprechende Fortschritte in der Hardware-Entwicklung waren und sind nach wie vor enorm. Jedoch ist Fortschritt in der Entwicklung neuer mathematischer Verfahren (Algorithmen), um Rechnungen schneller und besser durchführen zu können, aber auch um neue Problemklassen zugänglich zu machen, von mindestens gleichrangiger Bedeutung.

Seit den achtziger Jahren haben sich an der JKU zwei verschiedene Schwerpunkte der Algorithmischen Mathematik entwickelt. Einer dieser Schwerpunkte verfolgt Aspekte der numerischen Analysis: die Institute für Industriemathematik von o.Univ.Prof. Dr. Heinz Engl, für Numerische Mathematik von o.Univ.Prof. Dr. Ulrich Langer und für Angewandte Geometrie von Univ.Prof. Dr. Bert Jüttler. Das Institut für Finanzmathematik von Univ.-Prof. Dr. Gerhard Larcher, beschäftigt sich u.a. mit hochdimensionaler Integration. Dieses Umfeld wurde 2003 durch die Gründung des Radon Instituts (RICAM) der Akademie der Wissenschaften durch Prof. Engl in wesentlicher Weise bereichert. Der zweite Schwerpunkt betont das Rechnen mit Symbolen: das Institut für Symbolisches Rechnen, Leitung o.Univ.-

Prof. Dr. Franz Winkler, welches 1987 von o.Univ.Prof. Dr. Bruno Buchberger gegründet wurde. Am Institut für Algebra von o.Univ.Prof. Dr. Günter Pilz kommt Computeralgebra in nicht-trivialer Weise zum Einsatz. Ebenfalls zu nennen ist das Institut für Wissensbasierte Mathematische Systeme von Univ.Prof. Dr. Erich Peter Klement.



Am Institut für Numerische Mathematik wurde eine Software entwickelt, die schnelle und sehr genaue Simulationen von komplexen mechanischen Problemen, wie Kurbelwellen (im Bild), erlaubt.

Um die vorhandene Expertise in gebündelter, neuer Weise zu nutzen, wurde ein umfangreiches neues Forschungskonzept entwickelt. Nach eingehender Begutachtung durch den FWF und durch ein internationales ExpertInnengremium nahm 1998 der Spezialforschungsbereich SFB F013 „Numerical and Symbolic Scientific Computing“ seine Arbeit auf. Seither arbeiten WissenschaftlerInnen aus den JKU Mathematik-Instituten mit zusätzlichen 17 DoktoratsstudentInnen und 5 PostDocs an der Kombination von numerischen und symbolischen Algorithmen. Bei der Bewilligung des Antrags für die letzte SFB Phase 2004-2008 stellten

die GutachterInnen dem SFB ein hervorragendes Zeugnis aus: „...a good combination of strengths at a world-class level...the SFB can be considered as unique.“ Anwendungen von Algorithmischer Mathematik sind in allen Bereichen der Technik zu finden, von Raumfahrt, Auto- und Flugzeugtechnik, bis hin zu Medizintechnik und Robotik. Interdisziplinarität, also verstärkte Zusammenarbeit von MathematikerInnen mit ExpertInnen aus Informatik, Technik und Naturwissenschaften ist immer mehr gefordert. Dies gilt auch für interdisziplinäre Ausbildungsprogramme.

Ein Beispiel: das neue JKU Masterstudium Bioinformatik.

Diese Entwicklungen haben an der JKU zur Definition eines Exzellenzschwerpunkts „Computational Science and Engineering“ geführt. Um diese Exzellenz entsprechend zu fördern (z.B. Interdisziplinarität zwischen TNF Instituten, Einbeziehung von neuen „hot topics“, fachübergreifende Masterstudien und Doktoratskollegs etc.), wird es notwendig sein, konkrete Entwicklungsstrategien zu formulieren und die Basis für deren Umsetzung zu schaffen, zum Beispiel im Rahmen des JKU Entwicklungsplans.

Womit man rechnen muss

Mathematik in die Zukunft gedacht

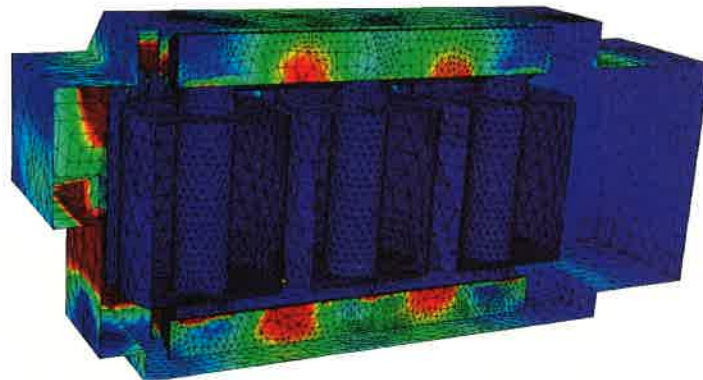
Die Mathematik wird in den nächsten Jahren weiter an Bedeutung gewinnen, weil die Naturwissenschaften immer mehr mit Computer gestützten Methoden und mathematischen Modellen arbeiten. An der Universität Linz hat sich in den letzten Jahren ein durch internationale Evaluierungen hervorragend beleumundeter „Exzellenz-Cluster“ im Bereich Mathematik entwickelt, der durch die Öffnung zu anderen Fachbereichen wie Physik, Mechatronik, Biologie und Chemie in Zukunft weiter gestärkt werden soll und als Exzellenzschwerpunkt „Computational Science and Engineering“ im Strategieprogramm festgelegt wurde.

Im Zentrum des Exzellenzschwerpunkts „Computational Science and Engineering“ steht der Spezialforschungsbereich „Numerisches und Symbolisches Wissenschaftliches Rechnen“ (SFB F013), der 1998 unter Leitung von o.Univ.Prof. Dr. Ulrich Langer, Vorstand des Instituts für Numerische Mathematik, aufgebaut wurde und bis 2008 laufen wird. In diesen SFB ist der Großteil der Mathematik-Institute der JKU involviert, er war der erste und ist der einzige Spezialforschungsbereich der JKU, der auch sein „headquarter“ an der JKU hat. „Wir Linzer Mathematiker sind mit dem Spezialforschungsbereich wirklich ‚auf die Landkarte gekommen‘“, sagt Langer, was auch daran liegt, dass es hier erstmals weltweit gelungen ist, numerische und symbolische Rechenmethoden – die in der Mathematik normalerweise getrennte Welten darstellen – zur Lösung partieller Differenzialgleichungen zu vereinen.

„Wir wollten damit den Mathematikern einen ganzheitlichen Zugang bieten und die Jungen nicht zu Fachidioten heranbilden, sondern sie sollen sich in allen Bereichen bewegen können“, sagt o.Univ.Prof. Dr. Franz Winkler, Vorstand des Instituts für Symbolisches Rechnen, RISC.

Der SFB wird vom Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (FWF), der Stadt Linz, dem Land Oberösterreich und der JKU finanziert, seit

2004 hat er den Status eines Instituts der Universität Linz. 10 Millionen Euro Bud-



Am Institut für Numerische Mathematik ist es gelungen, eine effiziente Finite Elemente Methode-Software für mechanische und elektromagnetische Aufgabenstellungen zu entwickeln. Damit werden im Bereich der Elektromagnetik neue Ergebnisse in der Computersimulation erzielt, die bei gleicher Rechenzeit eine höhere Genauigkeit des Ergebnisses erzielen. Dies kann etwa eingesetzt werden, um jene Bereiche eines Transformators zu eruieren, an denen die größten Wärmeverluste entstehen. Im Jahr 2002 wurde Dr. Joachim Schöberl der renommierte START-Preis zuerkannt, der es ihm ermöglichte, diese Forschungen zur Finite Elemente Methode (FEM) und zur Entwicklung einer neuen FEM-Software-Generation mit einem eigenständigen Team fortzusetzen. Seit dem Sommersemester 2006 ist Schöberl Universitätsprofessor an der RWTH Aachen.

get standen in den 10 Jahren Laufzeit insgesamt zur Verfügung, nach der hervorragenden Evaluierung im Jahr 2003 wurde das jährliche Forschungsbudget für die letzte Förderperiode von 2004 bis 2008 sogar um mehr als ein Drittel erhöht.

„Jetzt ist es wichtig, dass das Wissen aus dem auslaufenden Spezialforschungsbereich in Form von Ausbildung weitergegeben wird“, sagt der derzeitige Sprecher des SFB, Univ.Prof. Dr. Peter Paule vom RISC. Deshalb wurde beim FWF das Doktoratskolleg „Computational Mathematics“ eingereicht, das international hochkarätige Ausbildung bieten soll. Im Juni soll die Entscheidung fallen, ob das Doktoratskolleg gestartet werden kann. Die Chancen auf eine Realisierung stehen gut, die erste Einreichung eines Vorprojektes wurde äußerst positiv beurteilt.

Einer der Reviewer meinte in seinem Gutachten: „I am particularly excited by the proposal to initiate what will be a ‚first‘ in the world, namely, a Doctoral Program which is truly interdisciplinary between symbolic computation and numerical analysis.“

Das Doktoratskolleg wäre ein Großprojekt ähnlich dem SFB, mit 18 Doktoratsstellen und einer PostDoc-Stelle, beantragt auf drei Jahre

mit Verlängerungsmöglichkeit auf insgesamt höchstens 12 Jahre.

Zweiter zentraler Anker innerhalb des Mathematik-Schwerpunkts ist das Johann Radon Institute for Computational and Applied Mathematics, RICAM, der Akademie der Wissenschaften, das 2003

unter der Leitung von o.Univ.Prof. Dr. Heinz Engl, Vorstand des Instituts für Industriemathematik, gegründet wurde.

Derzeit arbeiten am RICAM 60 WissenschaftlerInnen aus 17 Nationen, die Hälfte von ihnen wird von der Akademie der Wissenschaften finanziert, die zweite Hälfte aus Drittmitteln. Bemerkenswert ist, dass ein Viertel der RICAM-MitarbeiterInnen Frauen sind. „Uns werden ständig die besten Leute abgeworben“, sagt Engl,

„was einerseits von der hohen Qualität am RICAM zeugt, andererseits gefährlich ist. Es wäre gut, wenn man um das RICAM herum eine stabilere Struktur aufbauen könnte, in der die Wissenschaftler länger verbleiben könnten.“

Jüngstes Beispiel für eine hochwertige „Abberufung“ ist übrigens o.Univ.-Prof. Dr. Peter Markowich, der die Gruppe „Analysis of Partial Differential Equations“ am RICAM leitet und jetzt einen Ruf

an die University of Cambridge in das selbe Department bekommen hat, in dem auch Stephen Hawking forscht.

Ab Herbst wird es am RICAM ein Special Semester on Quantitative Biology analyzed by Mathematical Methods geben, eine Forschungsrichtung, die in Zukunft verstärkt werden soll.

Gemeinsam mit dem Institut für Industriemathematik, dem Kompetenzzentrum für Industriemathematik und

Mathematik studieren – wozu?

Wer Mathematik studieren möchte, sollte das Interesse und die Fähigkeit an abstraktem Denken haben und sich auch dafür interessieren, wie Mathematik angewendet werden kann. „Ich sag immer: Das Studium ist entweder sehr schwer oder sehr leicht“, meint Prof. Engl. Denn ob jemand für das Studium geeignet ist oder nicht, stellt sich bei der Mathematik relativ schnell heraus. An der JKU gibt es für das Mathematik-Studium mehrere Auswahlmöglichkeiten: Nach dem Bachelor-Studium der Technischen Mathematik kann ein Masterstudium in Computermathematik, in Industriemathematik oder Mathematik in den Naturwissenschaften angeschlossen werden. Im Studienjahr 2005/06 startete außerdem das Double Degree Programm „Master of Science in Industrial Mathematics“, ein gemeinsames Studium der Technischen Universität Eindhoven (NL), der Technischen Universität Kaiserslautern (D) und der Johannes Kepler Universität Linz unter der Schirmherrschaft von ESIM (European School for Industrial Mathematics). Mathematik kann mit einem Zweifach auch als Lehramtsstudium absolviert werden. News vom Campus hat Mathematik-StudentInnen gefragt, warum sie sich für diese Studienrichtung entschieden haben und was sie sich davon erwarten:

Alois Altendorfer,
Heiligenberg,
6. Semester:



„Ich habe mich für ein Mathematik-Studium an der JKU entschieden, weil die Uni relativ nahe zu meiner Heimatstadt liegt und weil mir außerdem die Studiengänge im Vergleich zu Wien interessanter erschienen sind. Am Anfang war das Studium eine ziemliche Umstellung im Vergleich zur Schule aber da muss man durchbeißen und dann wird es richtig interessant. Ich habe schon in der Schule gewusst, dass ich etwas Technisches studieren möchte, was ich nach dem Studium machen möchte, wird sich aber erst herausstellen.“

Christina Paul,
Braunau,
8. Semester:



„Ich habe die Uni Linz ausgesucht, weil sie von Braunau aus gesehen die nächste Uni war. Warum ich mich für Mathematik entschieden habe, ist eine gute Frage! Eigentlich ist das Interesse daran durch meine Arbeit beim bfi, wo ich Mathematik auf sehr niedrigem Niveau unterrichtet habe, geweckt worden. Da hab ich mir plötzlich gedacht: ‚Das oder gar nichts‘. Diese Entscheidung habe ich jedenfalls nie bereut. Und nach dem Studium erwarte ich mir eine abwechslungsreiche Arbeit mit guten Zukunftschancen.“

Silviu Radu,
Rumänien, Doktoratsstudium am RISC:



„Ich habe in Schweden Technische Physik studiert, meine Diplomarbeitbetreuerin ist mit Prof. Paule bekannt und deshalb hat es mich für mein Doktoratsstudium nach Linz ans RISC verschlagen. Was mir hier an der JKU gefällt, ist, dass alles nicht so strikt ist, man hat viele Wahlmöglichkeiten und ich kann flexibel bleiben. Eigentlich läuft es für mich besser, als ich erwartet hatte. Ich werde am RISC bis 2009 bleiben können und hoffe, dass ich dann auch weiter in Österreich forschen kann.“