



Künftiger Sitz des DFG-Forschungszentrums:
Dritter Stock des Mathematikgebäudes der TU Berlin

„Mathematik für Schlüsseltechnologien“ DFG-Forschungszentrum geht nach Berlin

von Peter Deuffhard

Berlin hat seit dem 1. Juni 2002 ein DFG-Forschungszentrum. Sein vollständiger Titel lautet: „Mathematik für Schlüsseltechnologien. Modellierung, Simulation und Optimierung realer Prozesse“. Falsch ist natürlich, dass Berlin damit zur (gar weltweiten) „Hauptstadt der Mathematik“ geworden wäre, wie von einigen übereifrigen Journalisten eilig getextet. Falsch ist ferner, dass das neue Zentrum mit „MfS“¹ abgekürzt werden soll.

Dass die Mathematik überhaupt eines der begehrten DFG-Forschungszentren bekommen würde, war anfangs keinesfalls klar. Vielmehr haben sich die Berliner Mathematiker gegen starke bundesweite Konkurrenz auch aus den Natur- und Ingenieurwissenschaften durchsetzen müssen. Zu Beginn der Ausschreibung im Herbst 2000 wurden 89 Antragsskizzen eingereicht, in dieser Runde noch ohne Themeneinschränkung. Danach gingen zur eingeschränkten Thematik „Modellierung und Simulation in Natur-, Ingenieur- und Sozialwissenschaften“ immerhin 14 Voranträge ins Rennen, von denen nach Vorbegutachtung drei aufgefördert wurden, voll ausformulierte Anträge vorzulegen. Die Runde der letzten Drei wurde im Januar 2002 innerhalb von zwei Tagen synoptisch von einem einzigen Gremium internationaler Gutachter bewertet. Die endgültige fachpolitische Entscheidung fiel schließlich erst Anfang Mai im DFG-Hauptausschuss.

Angesichts der abgründigen Finanzlage des Landes Berlin ist diese Auszeichnung für die Berliner Angewandte Mathematik gerade zur rechten Zeit gekommen.

Institutionen

Das Zentrum wird institutionell gemeinsam getragen von den mathematisch/informatischen Fachbereichen der drei großen Berliner Universitäten *Technische Universität* (TU), zugleich Sprecheruniversität, *Freie Universität* (FU) und *Humboldt-Universität* (HU),

sowie von den beiden außeruniversitären Forschungsinstituten *Weierstraß-Institut für Angewandte Analysis und Stochastik* (WIAS) und *Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik*, kurz Zuse-Institut Berlin (ZIB). Das Zentrum wird an der Sprecheruniversität TU angesiedelt sein, derzeit wird zu diesem Zweck der dritte Stock ihres Mathematikgebäudes umgebaut. Die einzelnen Arbeitsgruppen werden jeweils im engeren wissenschaftlichen Umfeld an einer der fünf tragenden Institutionen untergebracht sein. Dieses Modell von universitätsübergreifender Kooperation im Verbund mit außeruniversitären Instituten ist in dieser Spannweite ein Novum in Berlin und hat damit zugleich Mustercharakter.

Finanzen

Die für DFG-Forschungszentren vorgesehenen Finanzmittel stammen bekanntlich aus einem neuen Topf, der erst im Jahre 2000 durch den Verkauf der UMTS-Lizenzen entstanden ist. Sie reduzieren damit nicht – wie von manchen befürchtet – die DFG-Mittel für die Mathematik. Im Gegenteil!

Die Zuwendung der DFG an das Zentrum beträgt zunächst 5 Millionen Euro pro Jahr für die erste Phase von vier Jahren. Falls das Zentrum nach vier bzw. acht Jahren eine internationale Begutachtung positiv besteht, kann die Förderung um jeweils vier weitere Jahre verlängert werden. Im bestmöglichen Fall ergeben sich also 60 Millionen Euro für zwölf Jahre. Diese Mittel fließen fast ausschließlich in Personal.

1 Ministerium für Staatssicherheit der Deutschen Demokratischen Republik



Abbildung 1. Freude über das neue DFG-Forschungszentrum (v.l.n.r.): M. Grötschel (TU, ZIB, Koordinator), H.-J. Prömel (HU, Vizepräsident), K. Kutzler (TU, Präsident), P. Deuffhard (FU, ZIB), J. Sprekels (HU, WIAS), G. Braun (FU, Vizepräsident).

Es entstehen ca. 70 neue Wissenschaftlerstellen, darunter sechs zusätzliche Professuren, je zwei an den drei Universitäten. Die ersten Stellen sind bereits in der ZEIT ausgeschrieben. Offenbar ist dies ein klarer Unterschied zu Sonderforschungsbereichen: hier wird explizit neue Universitätsstruktur geschaffen.

Über die DFG-Zuwendung hinaus haben sich die fünf tragenden Institutionen zu einem zusätzlichen Eigenbeitrag von ca. 3 Millionen Euro pro Jahr verpflichtet. Diese Mittel gehen in Personal, Sachausstattung der Professuren und Baumaßnahmen.

Initiatoren

Die folgenden Initiatoren haben, in engem Zusammenwirken mit den Spitzen der drei Universitäten, die Berliner Anträge wesentlich vorangetrieben: Martin Grötschel, TU und ZIB, zugleich Koordinator des Zentrums, Peter Deuffhard, FU und ZIB, Hans Föllmer, HU, Volker Mehrmann, TU, und Jürgen Sprekels, HU und WIAS. In diesen Anträgen steckt viel Arbeit drin! Natürlich hoffen wir sehr, dass diese Arbeit auch wieder herauskommt.²

Programm und federführende Wissenschaftler

Der Name des Zentrums ist zugleich sein Programm. Schlüsseltechnologien sind die treibenden Kräfte des ökonomischen Fortschritts in unserer Industrie- und Wissensgesellschaft. Nach unserer Auffassung ist Mathematik selbst einer der Schlüssel zu Schlüsseltechnologien, obwohl ihr Potential bisher im öffentlichen Bewusstsein noch nicht adäquat zum Tragen gekommen ist. Ziel des Zentrums ist, diese Situation tiefgreifend zu verändern.

Jedes Programm lebt natürlich von den Personen, die es tragen. Das Zentrum ruht auf einer breiten personellen Basis, die sich im Laufe der letzten Jahre ohnehin in der Berliner Mathematik strukturell entwickelt hatte – dies eine durchaus positive Konsequenz der bekannten Sparzwänge. Im Antrag treten 55 Teilprojektleiter namentlich auf, gemischt jung und alt. Die fachliche Verantwortung zu den ausgewählten Teilgebieten (siehe nachfolgend) sowie ihre Vertretung nach innen und außen liegt bei – von der DFG so genannten – „federführenden Wissenschaftlern“.

Aus dem großen Feld der Mathematik, das im Zusammenhang mit Schlüsseltechnologien relevant wäre, haben die Berliner Fachkollegen drei Teilgebiete ausgewählt (mit den zugehörigen federführenden Wissenschaftlern):

- I. *Diskrete Mathematik und Optimierung*
M. Grötschel (TU + ZIB), F. Tröltzsch (TU), G. M. Ziegler (TU)
- II. *Numerische Mathematik und Scientific Computing*
P. Deuffhard (FU + ZIB), V. Mehrmann (TU), Ch. Schütte (FU)
- III. *Angewandte und stochastische Analysis*
H. Föllmer (HU), H. Gajewski (FU + WIAS), J. Sprekels (HU + WIAS)

Jedes dieser Fachgebiete ist für sich in Berlin prominent in Forschungsverbundprojekten vertreten – wie etwa in Sonderforschungsbereichen, DFG-Schwerpunktprogrammen oder BMBF-Verbundprojekten. Das Zentrum soll insbesondere die Zusammenarbeit über die Grenzen dieser schon etablierten Fächer hinweg fördern. Zugleich soll es sich synergistisch auf die breite Basis dieser Verbundprojekte stützen.

² Vgl. Eugen Roth, Ein Mensch:

Kunst – Ein Mensch malt, vor Begeist' rung wild, / drei Jahre lang an einem Bild. / Dann legt er stolz den Pinsel hin / und sagt: „Da steckt viel Arbeit drin!“ / Doch damit war's dann leider aus: / Die Arbeit kam nicht mehr heraus!

Die mathematischen und interdisziplinären Forschungsanstrengungen werden sich in der ersten Phase auf die folgenden Anwendungsgebiete richten (wiederum mit den zugehörigen federführenden Wissenschaftlern):

- A. *Lebenswissenschaften*
P. Deuffhard (FU + ZIB), H. J. Prömel (HU), Ch. Schütte (FU)
- B. *Netzwerke in Verkehr und Kommunikation*
M. Grötschel (TU + ZIB), R. Möhring (TU)
- C. *Produktion und Produktionsplanung*
J. Sprekels (HU + WIAS), F. Tröltzsch (TU)
- D. *Elektrische Schaltkreise und optische Technologien*
H. Gajewski (FU + WIAS), R. März (HU), V. Mehrmann (TU)
- E. *Finanzwissenschaften*
A. Bovier (WIAS), H. Föllmer (HU), P. Imkeller (HU)
- F. *Visualisierung*
K. Polthier (TU), G. M. Ziegler (TU)
- G. *Ausbildung*
J. Kramer (HU)

In jedem dieser Gebiete gibt es derzeit schon in Berlin international herausragende Aktivitäten, auf deren Basis das Zentrum ein international sichtbares Gebäude errichten soll – so die Erwartung der DFG und zugleich die Messlatte zur Begutachtung in vier Jahren!

Um das unserem Zentrum zugrundeliegende wissenschaftliche Ziel etwas detaillierter darzustellen, seien im folgenden exemplarisch drei Fallstudien angeführt, die mit Projekten unserer zukünftigen Arbeit zu tun haben.

Fall 1: Finanzrisiken

Am 23. September 1998 entschied ein Konsortium von Banken und Investmentfirmen – nach einer bereits vorher getätigten massiven Intervention der *American Federal Reserve* – den sogenannten LTCM Hedge Fonds (LTCM: Long Term Capital Management) mit einem Betrag von 3.65 Milliarden US-Dollars zu unterstützen – keine Peanuts. Die Abbildung 2 vermittelt ein Bild dieses dramatischen Börsencrashes. In der Folge gab es in der Presse eine Flut von sarkastischen Kommentaren über die „Raketwissenschaft“, die angeblich in der Finanzwelt nichts zu suchen habe (es war bekannt, dass zwei der drei diesbezüglichen Nobelpreisträger für Ökonomie den Fonds beraten hatten). Die FAZ titelte genüsslich: „Die Finanzalchemisten, die Gold in Blei verwandelten“. Wie es den Alchimisten im Mittelalter ergangen

ist, die das Umgekehrte nicht zuwege gebracht haben, dürfte bekannt sein.

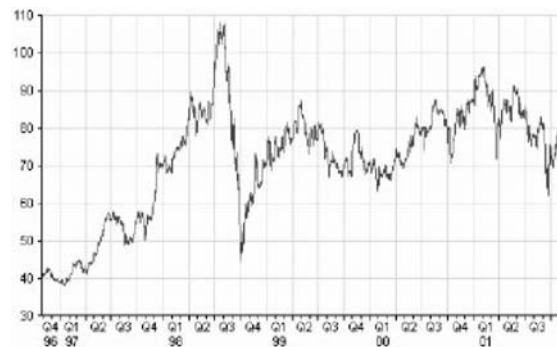


Abbildung 2. Fieberkurve zum LTCM-Börsencrash (UBS)

Nach unserer Ansicht war bei der quantitativen Modellierung der entsprechenden Prozesse nicht etwa zuviel, sondern eher zu wenig „Raketwissenschaft“ involviert, nämlich eine zu wenig detailgenaue Erfassung der realen Prozesse auf einem Mikrolevel. In der Tat waren wichtige Risikoquellen im zugehörigen mathematischen Modell nicht erfasst worden – mit dem bekannten Ausgang! Neben der stochastischen Modellierung spielen hier zugleich die numerische Behandlung der anfallenden riesigen Datenmengen (Data Mining) und partielle Differentialgleichungen eine Rolle.

Fall 2: Regionale Hyperthermie

In dieser relativ jungen Krebstherapie ist Wärme im Tumor eines Patienten zu konzentrieren; zugleich sollen jedoch „hot spots“ in gesundem Gewebe vermieden werden. Diese Wärmetherapie wird üblicherweise kombiniert mit Strahlungstherapie und/oder Chemotherapie. Die Wärme im Innern des Körpers wird mittels Radioantennen erzeugt, die fest in einem sogenannten Applikator angebracht sind – siehe Abbildung 3. Zu bestimmen sind hierbei optimale Antennenparameter derart, dass der Tumor gleichmäßig erwärmt wird unter gleichzeitiger Vermeidung der Überhitzung von gesundem Gewebe.

Zur Lösung des mathematischen Problems geht man vor wie folgt: In einem ersten Schritt wird auf der Basis von ca. 50 planaren Computertomogrammen ein Abbild des realen Patienten (Abbildung 3) im Rechner konstruiert, der sogenannte *virtuelle Patient* (Abbildung 4). Im zweiten Schritt werden über diesem Gitterpatienten partielle Differentialgleichungen numerisch gelöst, die das elektrodynamische Feld und die Erwärmungsmechanismen im Körper mathematisch modellieren. Die effiziente numerische Lösung der (harmonischen) Maxwell-Gleichungen in diesem



Abbildung 3. Regionale Hyperthermie: Realer Patient (Charité)

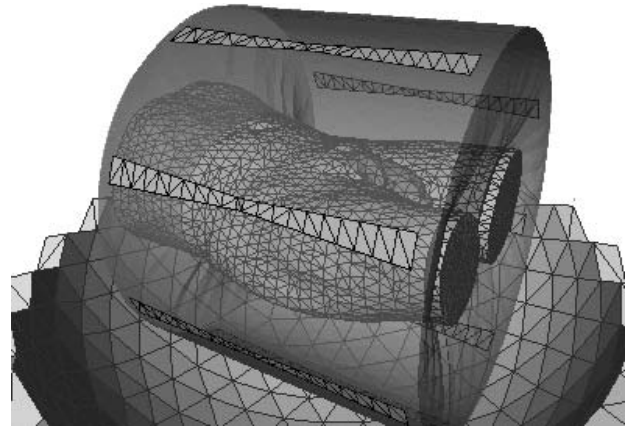


Abbildung 4. Regionale Hyperthermie: Virtueller Patient (ZIB)

Skalenbereich über heterogenen 3D-Patienten war bis vor kurzem noch eine echte wissenschaftliche Herausforderung. Die gesamte Methodik ist inzwischen so ausgereift, dass die Berechnungen der Mathematiker heute bereits in die therapeutischen Entscheidungen der Mediziner eingehen! Auch verbesserte Applikatoren sind bereits auf der Basis mathematischer Modellierung und Simulation konstruiert und produziert worden, die im klinischen Einsatz sind. Weitere Fortschritte verlangen mehr Analysis im Verein mit neuartiger Numerik.

Fall 3: Optische Technologien

Wie jeder weiß, hat Kommunikationstechnik unser Leben seit etwa einem Jahrzehnt grundlegend verändert – ob positiv oder negativ, sei hier dahingestellt. Internet und Mobiltelefone sind die prominentesten Beispiele. Die ständig wachsende Nachfrage nach neuen Diensten und damit immer schnelleren Übertragungsleitungen – die ja auch die in die DFG geflossenen UMTS-Millionen generiert hat – verlangt Fortschrittssprünge in den optischen Technologien, wie etwa bei photonischen Kristallen. Optische Chips werden immer kleiner, leistungsfähiger und billiger. Ein Beispiel eines solchen Chips ist etwa in Abbildung 5 gezeigt – bewusst verwaschen dargestellt, um gewisse technologische Details zu verschleiern. Die korrekte und schnelle numerische Simulation dieses Chips stellte noch vor kurzem eine Herausforderung dar – im internationalen Maßstab. Mathematik leistet hier einen Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit deutscher Firmen.

Die neuen optischen Technologien führen unmittelbar zu neuen Problemen der diskreten Mathematik, etwa bei der optimalen Vernetzung und bedarfsgerechten Verteilung von Information. Auch hier wird

sichtbar, dass ein engerer Zusammenhang zwischen ansonsten eher getrennten mathematischen Welten entstehen muss, falls die Mathematik ihre neue Rolle als eine der Schlüsseltechnologien wirklich erfolgreich annehmen will.



Abbildung 5. MQW-Laser auf einem Si-Substrat in einem InGaAsP/InP-Material (Osram OS; bewusst verwaschene Darstellung)

Adresse des Autors

Prof. Dr. Dr. h.c. Peter Deuffhard
Konrad-Zuse-Zentrum für
Informationstechnik Berlin (ZIB)
Takustraße 7
14195 Berlin
deuffhard@zib.de