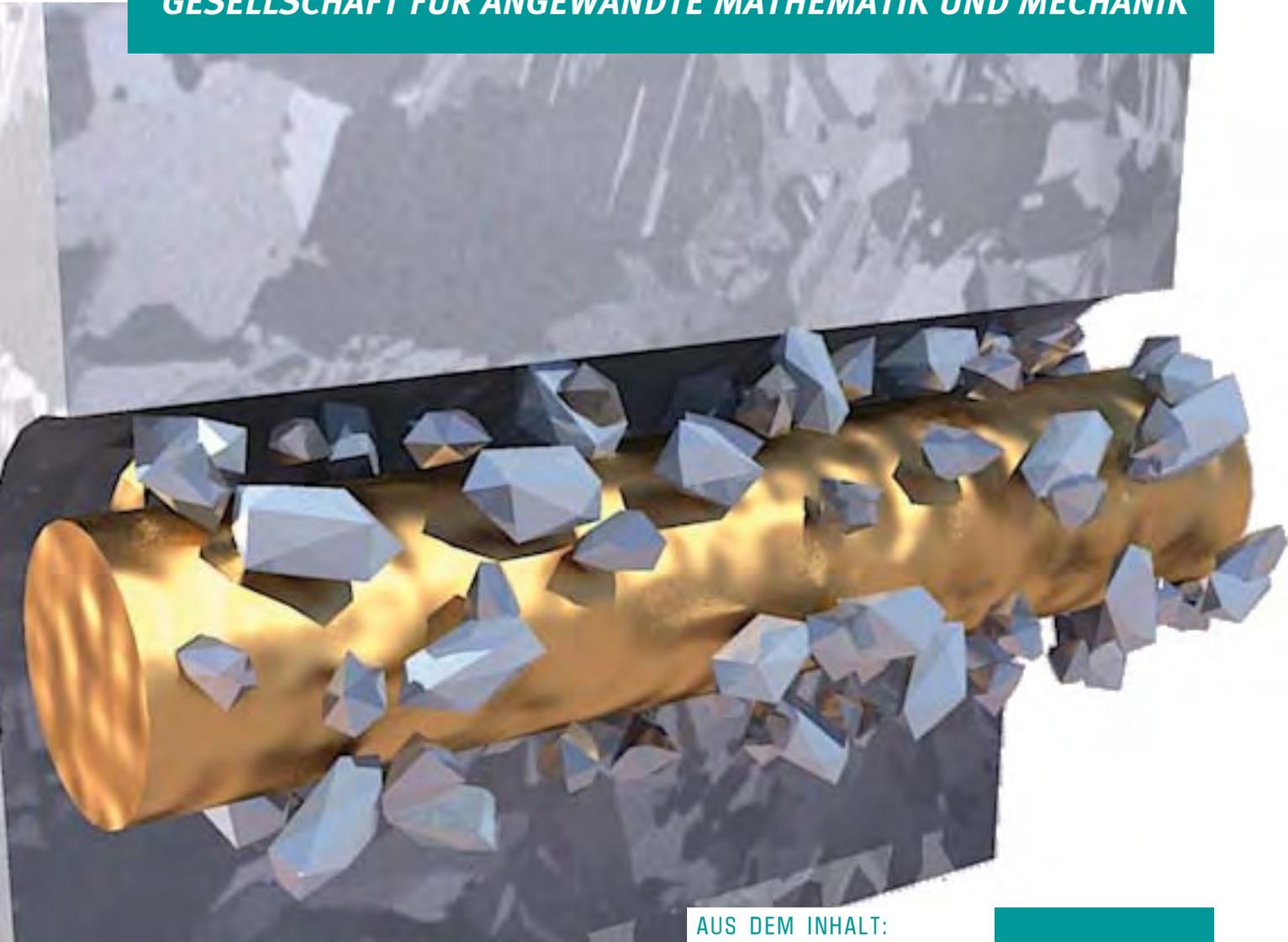


# RUNDBRIEF

*GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE MATHEMATIK UND MECHANIK*



AUS DEM INHALT:

*HERAUSGEBER  
IM AUFTRAG DES VORSTANDES DER GAMM E.V.:  
PROF. DR.-ING. JÖRG SCHRÖDER  
PROF. DR. AXEL KLAWONN  
UNIVERSITÄT DUISBURG-ESSEN*

*MIT RISSEN LEBEN - ENTWICKLUNG  
UND ANWENDUNG BRUCHMECHANISCHER  
BERECHNUNGSMETHODEN*

*MODELLPRÄDIKTIVE REGELUNG –  
EINE REGELUNGSMETHODE IM GRENZBEREICH  
VON NUMERIK, OPTIMIERUNG UND SYSTEM-  
THEORIE*

*RICHARD-VON-MISES-PREIS  
JAHRESBERICHT DER GAMM*

*JUNGE WISSENSCHAFTLER:  
DR. TIMO BETCKE UND DR. UWE REUTER*

## 2/2010

[www.gamm-ev.de](http://www.gamm-ev.de)

Herausgeber:  
 Prof. Dr.-Ing. Jörg Schröder  
 Prof. Dr. Axel Klawonn  
 Universität Duisburg-Essen

Schriftleitung:  
 Prof. Dr.-Ing. Jörg Schröder  
 Universität Duisburg-Essen  
 Institut für Mechanik  
 Universitätsstraße 15  
 45117 Essen  
 Tel.: ++49 (0)201 / 183-2708  
 Fax: ++49 (0)201 / 183-2708  
 E-Mail: j.schroeder@uni-due.de

Anzeigenverwaltung  
 GAMM Geschäftsstelle  
 c/o Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Kaliske  
 Institut für Statik und Dynamik der  
 Tragwerke  
 Fakultät Bauingenieurwesen  
 Technische Universität Dresden  
 01062 Dresden  
 Tel.: ++49 (0)351 / 46333448  
 E-Mail: GAMM@mailbox.tu-dresden.de

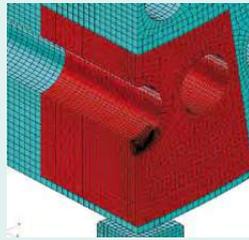
Gestaltung:  
 Dr. Hein Werbeagentur GmbH, Köln  
 www.heinagentur.de

Druck:  
 Bauer Satz.Druck.Werbetechnik GmbH  
 Am Gewerbering 8  
 84069 Schierling  
 Tel.: ++49 (0)9451 / 943021 / 943020  
 Fax: ++49 (0)9451 / 1837  
 E-Mail: info@bauerwerbung.com

Alle Rechte bei den Autoren.

Titelbild: Mikromechanische Vorgänge  
 beim Drahtsägen von Silizium-Wafern, (c)  
 M. Kuna, Freiberg

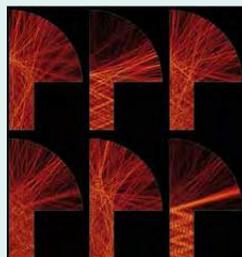
**Vorstand der GAMM 4**



**Mit Rissen leben - 6**  
**Entwicklung und Anwendung**  
**bruchmechanischer Berech-**  
**nungsmethoden**  
 von Meinhard Kuna

**Steckbrief 15**  
**Dr. Uwe Reuter**

**Modellprädiktive 18**  
**Regelung – eine Regelungs-**  
**methode im Grenzbereich von**  
**Numerik, Optimierung und**  
**Systemtheorie**  
 von Lars Grüne



**Steckbrief 23**  
**Dr. Timo Bethke**

**GAMM 2010 26**  
**Welcoming Speech**  
 von Peter Wriggers

**Programmkomitee der 27**  
**GAMM-Jahrestagung 2012 in**  
**Darmstadt**

**Beschlussprotokoll 28**  
**zur Hauptversammlung 2010 der**  
**Gesellschaft für Angewandte**  
**Mathematik und Mechanik e.V.**  
 von Peter Wriggers und Michael  
 Kaliske

**Elektronische Wahl 29**

**In Memoriam - 29**  
**Prof. Dr. Wolfgang Walter**  
 von Michael Plum und  
 Wolfgang Reichel



**Neue Sektion auf 30**  
**der GAMM-Tagung 2010 in**  
**Karlsruhe: Geschichte der**  
**Mechanik**  
 von Erwin Stein

**Richard-von- 32**  
**Mises-Preis 2010**

**Bericht des Präsidenten 34**  
**an die Mitglieder, Mitgliederver-**  
**sammlung am 24. März 2010**  
 von Peter Wriggers

**81. GAMM-Jahrestagung 36**  
**in Karlsruhe**  
 von Christian Wieners

**Wahlen zum 38**  
**Vorstandsrat, Personalia**

**Wissenschaftliche 39**  
**Veranstaltungen,**  
**ICIAM-Collatz Preis 2011**



## LIEBE LESERIN, LIEBER LESER, LIEBE GAMM-MITGLIEDER,

im zweiten Rundbrief 2010 führt uns Meinhard Kuna in seinem Leitartikel „Mit Rissen leben - Entwicklung und Anwendung bruchmechanischer Berechnungsmethoden“ in die Theorie und Praxis der bruchmechanischen Analyse ein. Neben der Beurteilung der Bruchsicherheit mechanisch beanspruchter nuklearer Transportbehälter und elektromechanisch beanspruchter piezoelektrischer/ferroelektrischer Keramiken zeigt er sehr plastisch die Komplexität mikroskopischer Bruchvorgänge beim Sägen von Wafern auf.

Lars Grüne gibt uns in seinem Artikel „Modellprädiktive Regelung - eine Regelungsmethode im Grenzbereich von Numerik, Optimierung und Systemtheorie“ einen Überblick bezüglich der mathematischen Modellierung des dynamischen Verhaltens von Systemen. Hervorzuheben ist hier, dass die auf nichtlinearen Modellen basierende modellprädiktive Regelung Elemente der klassischen Steuerung und Regelung nutzt und seit Jahren Gegenstand aktueller Forschung ist.

In den Steckbriefen stellen sich in der aktuellen Ausgabe Uwe Reuter und Timo Betcke vor. Herr Reuter ist geschäftsführender Leiter des Fakultätsrechenzentrums der Fakultät Bauingenieurwesen der TU Dresden. Er forscht unter anderem im Bereich der Modellierung auf der Basis unsicherer Daten mit Hilfe von fuzzy-stochastischen Zuverlässigkeitsanalysen. Herr Betcke baut zurzeit eine Nachwuchsgruppe im Rahmen eines „EPSRC Career Acceleration Fellowship“ an der „University of Reading, United Kingdom“ in der Mathematik auf. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in der linearen Algebra und der Lösung von Helmholtzproblemen für Innen- und Außenraumgebiete.

Die 81. Jahrestagung der GAMM wurde am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) ausgerichtet, deren Erfolg auf die hervorragende Organisation zurückzuführen ist und durch die Teilnahme von 850 internationalen Wissenschaftlern aus 20 Ländern mit ca. 600 Vorträgen und 12 Hauptvorträgen dokumentiert wurde. Erstmals gab es auf der diesjährigen Jahrestagung eine Sektion zur „Geschichte der Mechanik“, welche von Erwin Stein (Chairman) und Oskar Mahrenholtz (Co-Chairman) ins Leben gerufen wurde. Da diese Sektion neu eingeführt wurde, finden Sie einen kurzen Abriss dieser erfolgreichen Veranstaltung sowie eine Auswahl von Photos am Ende dieses Heftes. Die Eröffnungsrede zur GAMM-Jahrestagung von Peter Wriggers, eine Zusammenfassung der wesentlichen Eckpunkte der Tagung von Christian Wieners, die Laudatio auf Ulisse Stefanelli von Franco Brezzi und auf Volker Gravemeier von Wolfgang Wall im Rahmen der Richard-von-Mises-Preisverleihung sowie die Ergebnisse der diesjährigen Hauptversammlung sind ebenfalls in dieser Ausgabe zu finden.

Für weitere Anregungen zur Gestaltung des GAMM-Rundbriefs und die Einreichung von Beiträgen schicken Sie eine E-Mail an [axel.klawonn@uni-due.de](mailto:axel.klawonn@uni-due.de) (Mathematik) oder an [j.schroeder@uni-due.de](mailto:j.schroeder@uni-due.de) (Mechanik).

Als Herausgeber des Rundbriefes bedanken wir uns herzlich bei den Kollegen M. Kuna und L. Grüne für ihre ansprechenden Fachartikel, bei U. Reuter und T. Betcke für die Verfassung der Steckbriefe sowie bei E. Stein, P. Wriggers und den Organisatoren der 81. Jahrestagung für die Ausführungen zur Konferenz.

Mit Blick auf eine weitere gemeinsame Gestaltung des Rundbriefes mit den GAMM-Mitgliedern wünschen wir Ihnen viel Freude beim Lesen der vorliegenden Ausgabe.

Jörg Schröder im August 2010.

**Präsident:** **Prof. Dr.-Ing. Peter Wriggers**  
Leibniz Universität Hannover  
Institut für Kontinuumsmechanik  
Appelstraße 11, 30167 Hannover

**Vizepräsident:** **Prof. Dr. Rolf Jeltsch**  
Eidgenössische Technische  
Hochschule, Zentrum Zürich  
Seminar für Angewandte Mathematik  
Rämistraße 101, 8092 Zürich, Schweiz

**Sekretär:** **Prof. Dr.-Ing. Michael Kaliske**  
Technische Universität Dresden  
Institut für Statik und Dynamik der Trag-  
werke, 01062 Dresden

**Vizesekretär:** **Prof. Dr.-Ing. Reinhold Kienzler**  
Universität Bremen, Fachbereich  
Produktionstechnik  
Fachgebiet Technische Mechanik-  
Strukturmechanik  
Postfach 330440, 28334 Bremen

**Schatzmeister:** **Prof. Dr. Michael Günther**  
Bergische Universität Wuppertal  
Fachbereich C – Fachgruppe  
Mathematik, Lehrstuhl für Angewandte  
Mathematik/Numerik,  
Gaußstraße 20, 42097 Wuppertal

#### Weitere Mitglieder des Vorstandsrates

**Prof. Dr. Andreas Griewank**  
Humboldt Universität zu Berlin  
Institut für Mathematik, Mathematisch-  
Naturwissenschaftliche Fakultät II  
Unter den Linden 6, 10099 Berlin

**Prof. Dr. Volker Mehrmann**  
Technische Universität Berlin  
Institut für Mathematik, MA 4-5  
Straße des 17. Juni 136, 10623 Berlin

**Prof. Dr. Stefan Müller**  
Universität Bonn  
Hausdorff-Zentrum für Mathematik  
Endenicher Allee 60, 53115 Bonn

**Prof. Dr.-Ing. Martin Oberlack**  
Technische Universität Darmstadt  
Institut für Strömungsdynamik  
Hochschulstr. 1, 64289 Darmstadt

**Prof. Dr. Michael Plum**  
Universität Karlsruhe (TH), Institut für Analysis  
Kaiserstraße 89-93, 76128 Karlsruhe

**o. Prof. Dr.- techn. Franz G. Rammerstorfer**  
Technische Universität Wien,  
Institut für Leichtbau und Struktur-Biomechanik  
Gußhausstraße 27-29/E317, 1040 Wien, Österreich

**Prof. Dr.-Ing. Stefanie Reese**  
Technische Universität Braunschweig  
Institut für Allgemeine Mechanik und Festigkeitslehre  
Schleinitzstraße 20, 38106 Braunschweig

**Prof. Dr.-Ing. Jörg Schröder**  
Universität Duisburg-Essen, Institut für Mechanik  
Fakultät Ingenieurwissenschaften  
Universitätsstraße 15, 45117 Essen

**o. Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dr.-Ing. E.h. Gerhart  
Schuëller, Ph.D.**  
Leopold-Franzens-Universität Innsbruck  
Institut für Mechanik, Technikerstraße 13,  
6020 Innsbruck, Österreich

**Prof. Dr. André Thess**  
Technische Universität Ilmenau  
Fakultät Maschinenbau, Fachgebiet Thermo- und  
Magnetofluidodynamik  
P.O.Box 10 05 65, 98684 Ilmenau

**Prof. Dr.-Ing. Peter Eberhard**  
Universität Stuttgart, Institut für Technische und Nume-  
rische Mechanik, Pfaffenwaldring 95, 70569 Stuttgart

**Prof. Dr. Barbara Wohlmuth**  
Technische Universität München  
Zentrum Mathematik, M2,  
Boltzmannstr. 3, 85748 Garching

#### Beratende Mitglieder des Vorstandsrates

**Prof. Dr. Götz Alefeld**  
Universität Karlsruhe (TH), Fakultät f. Mathematik, Institut f.  
Angewandte Mathematik, Postfach 6980, 76128 Karlsruhe

**Prof. Dr. Klaus Kirchgässner**  
Universität Stuttgart, Fachbereich Mathematik  
Institut für Analysis, Dynamik und Modellierung  
Pfaffenwaldring 57, 70569 Stuttgart

**Prof. em. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. mult. Dr. h.c.  
Oskar Mahrenholtz**  
Technische Universität Hamburg-Harburg  
Institut für Mechanik und Meerestechnik  
Eißendorfer Straße 42, 21071 Hamburg

**Prof. Dr. Reinhard Mennicken**  
Universität Regensburg NWF I / Mathematik  
93053 Regensburg

**o. Prof. i.R. Dr. Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. mult.  
Friedrich Pfeiffer**  
Technische Universität München, Lehrstuhl B für  
Mechanik, Boltzmannstraße 15, 85748 Garching

**Em. O. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Dr. h.c.  
Franz Ziegler**  
Technische Universität Wien, Zentrum für Allgemeine  
Mechanik und Baudynamik, Institut für Hochbau und  
Technologie (E206), Karlsplatz 13 / E2063, 1040 Wien

**Prof. em. Dr.-Ing., Dr. techn. E.h. Dr. h.c. Jürgen Zierep**  
Universität Karlsruhe, Institut für Strömungslehre  
und Strömungsmaschinen, 76128 Karlsruhe

#### Kassenprüfer

**Prof. Dr. Margareta Heilmann**  
Bergische Universität Wuppertal  
Fachbereich 7 - Mathematik

**Prof. Dr.-Ing. Bernd Tibken**  
Bergische Universität Wuppertal  
Elektrotechnik und Informationstechnik

# RUNDBRIEF Readers

Save 30% on these SIAM titles:

## Nonlinear Programming: Concepts, Algorithms, and Applications to Chemical Processes

Lorenz T. Biegler

This book addresses modern nonlinear programming (NLP) concepts and algorithms, especially as they apply to challenging applications in chemical process engineering. The author provides a firm grounding in fundamental NLP properties and algorithms and relates them to real-world problem classes in process optimization, thus making the material understandable and useful to chemical engineers and experts in mathematical optimization.

2010 · xvi + 399 pages · Hardcover · ISBN 978-0-898717-02-0  
List Price \$85.00 · RUNDBRIEF Price \$59.50 · Order Code MO10

## $\mathcal{L}_1$ Adaptive Control Theory: Guaranteed Robustness with Fast Adaptation

Naira Hovakimyan and Chengyu Cao

This book presents a comprehensive overview of the recently developed  $\mathcal{L}_1$  adaptive control theory, including detailed proofs of the main results. The key feature of the  $\mathcal{L}_1$  adaptive control theory is the decoupling of adaptation from robustness. The architectures of  $\mathcal{L}_1$  adaptive control theory have guaranteed transient performance and robustness in the presence of fast adaptation, without enforcing persistent excitation, applying gain-scheduling, or resorting to high-gain feedback. The book contains results not yet published in technical journals and conference proceedings.

2010 · xx + 333 pages · Softcover · ISBN 978-0-898717-04-4  
List Price \$85.00 · RUNDBRIEF Price \$59.50 · Order Code DC21

## Insight Through Computing: A MATLAB Introduction to Computational Science and Engineering

Charles F. Van Loan and K.-Y. Daisy Fan

This introduction to computer-based problem-solving using the MATLAB® environment is highly recommended for students wishing to learn the concepts and develop the programming skills that are fundamental to computational science and engineering. Through a “teaching by examples” approach, the authors pose strategically chosen problems to help first-time programmers learn these necessary concepts and skills. Each section formulates a problem and then introduces those new MATLAB language features that are necessary to solve it.

2010 · xviii + 434 pages · Softcover · ISBN 978-0-898716-91-7  
List Price \$59.00 · RUNDBRIEF Price \$41.30 · Order Code OT117

## Probabilistic Boolean Networks: The Modeling and Control of Gene Regulatory Networks

Ilya Shmulevich and Edward R. Dougherty

This is the first comprehensive treatment of probabilistic Boolean networks, an important model class for studying genetic regulatory networks. This book covers basic model properties, including the relationships between network structure and dynamics, steady-state analysis, and relationships to other model classes. It also discusses the inference of model parameters from experimental data and control strategies for driving network behavior toward desirable states.

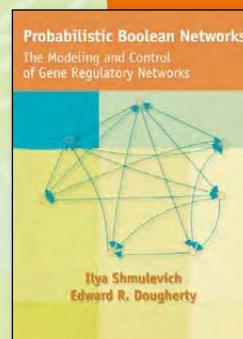
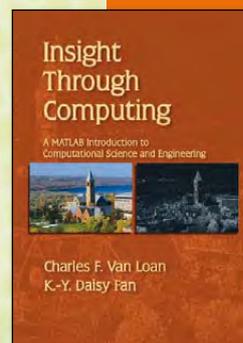
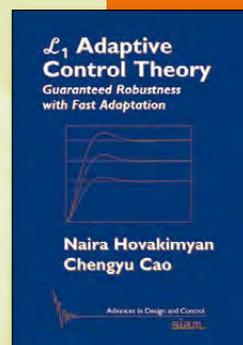
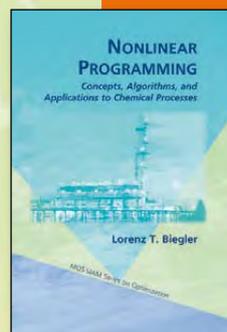
2010 · xiv + 267 pages · Softcover · ISBN 978-0-898716-92-4  
List Price \$59.00 · RUNDBRIEF Price \$41.30 · Order Code OT118

**siam** SOCIETY FOR INDUSTRIAL AND APPLIED MATHEMATICS

**TO ORDER, SHOP ONLINE AT [www.siam.org/catalog](http://www.siam.org/catalog).**

Use your credit card (AMEX, MasterCard, and VISA) by phone: +1-215-382-9800 worldwide, fax: +1-215-386-7999, or e-mail: [siambooks@siam.org](mailto:siambooks@siam.org). Or send check or money order in US dollars to: SIAM, Dept. BKGMI0, 3600 Market Street, 6th Floor, Philadelphia, PA 19104-2688 USA. Members and customers outside North America can also order SIAM books through SIAM's distributor, Cambridge University Press, at [www.cambridge.org/siam](http://www.cambridge.org/siam).

9/10\_1



Be sure to enter discount code "BKGMI0" to get special price.

ORDER ONLINE:

**WWW.SIAM.ORG/CATALOG**

# MIT RISSEN LEBEN – ENTWICKLUNG UND ANWENDUNG BRUCHMECHANISCHER BERECHNUNGSMETHODEN

VON MEINHARD KUNA

## Einleitung

Bei der Entwicklung und Auslegung technischer Bauteile spielen die Bewertung und Vermeidung von Bruchprozessen eine wesentliche Rolle, um die technische Sicherheit, Lebensdauer und Zuverlässigkeit zu gewährleisten. Ingenieurtechnische Fehler auf diesem Gebiet können im Versagensfall katastrophale Folgen für die Menschen, die Umwelt und die Wirtschaft haben. Da in vielen Werkstoffen und Konstruktionen herstellungs- oder betriebsbedingte Defekte (Mikrorisse, Poren, Guss- oder Schweißfehler,...) vorhanden sind, muss in Ergänzung zu konventionellen Festigkeitskriterien eine Bewertung mit bruchmechanischen Konzepten erfolgen. Die Methoden der Bruchmechanik kommen insbesondere auch bei der Aufklärung von Schadensfällen (z. B. Radsatzwellen) und der technischen Überwachung von Anlagen (z. B. Kerntechnik) zum Einsatz. Neben der Werkstoffcharakterisierung besitzt vor allem die Analyse des mechanischen Beanspruchungszustandes an Rissen und ähnlichen Defekten unter betrieblichen Einsatzbedingungen eine zentrale Bedeutung. Insofern lautet die Herausforderung an das moderne Ingenieurwesen: „Mit Rissen leben – zweifelsfrei erkennen und sicher beurteilen!“

An der Spitze von Rissen treten singuläre Spannungsfelder auf, deren Größe durch die sogenannten Spannungsintensitätsfaktoren  $K_I$  und  $K_{II}$  der linear-elastischen Bruchmechanik beschrieben wird. Diese bruchmechanischen Kenngrößen hängen von der Geometrie und Belastung des Bauteils mit Riss ab und müssen numerisch berechnet werden. Für die Lösung strukturmechanischer Randwertaufgaben mit Rissen unter statischen, zyklischen oder dynamischen Belastungen werden heutzutage vorwiegend numerische Verfahren wie die Finite-Elemente-Methode (FEM) eingesetzt. Allerdings erfordert die Behandlung von Rissproblemen aufgrund der auftretenden Singularitäten an Rissspitzen spezielle theoretische Vorkenntnisse, besondere Finite-Element-Ansätze und angepasste numerische Algorithmen. Auf diesem Gebiet hat das IMFD durch grundlegende

Forschungsarbeiten und vielfältige Anwendungsrechnungen umfangreiche Erfahrungen erworben [1]. Der vorliegende Beitrag soll anhand ausgewählter Beispiele einen Einblick in die Arbeiten bieten.

## Adaptive FEM-Verfahren zur Simulation der Rissausbreitung

Die häufigste Schadensursache in technischen Bauteilen ist das unterkritische Ermüdungsrisswachstum, das bei zyklischer oder stochastischer Belastung z. B. in Flugzeugen, Automobilen, Windkraftanlagen u. a. m. auftritt. Die Modellierung des Risswachstums in komplexen Geometrien verlangt die Entwicklung spezieller, effektiver FEM-Techniken, die neben den Rissingularitäten auch die Generierung neuer (Riss)-Oberflächen berücksichtigen müssen. Gemeinsam mit Mathematikern der TU Chemnitz wurde eine Methode der adaptiven automatischen Vernetzung bei Rissausbreitung in Verbindung mit hierarchischen iterativen vorkonditionierten Solvern (PCG-Preconditioned Conjugate Gradient) für das FEM-Gleichungssystem erarbeitet [2,3]. In Bild 1 ist schematisch der Programmablauf zur Simulation des Risswachstums dargestellt, dessen Algorithmus wie folgt arbeitet: Die Spannungskonzentration an der Rissspitze erfordert eine starke

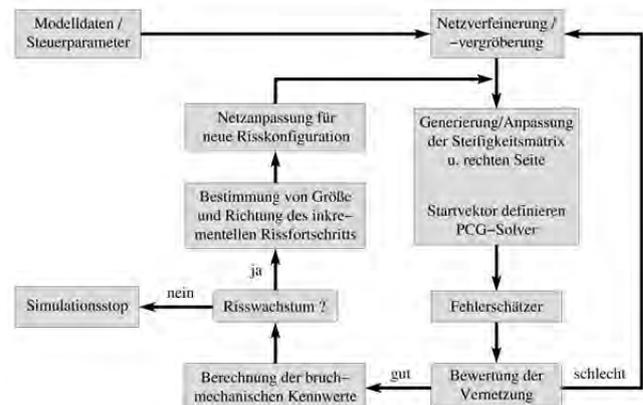


Bild 1: Programmablaufschema adaptive FEM für Rissprobleme

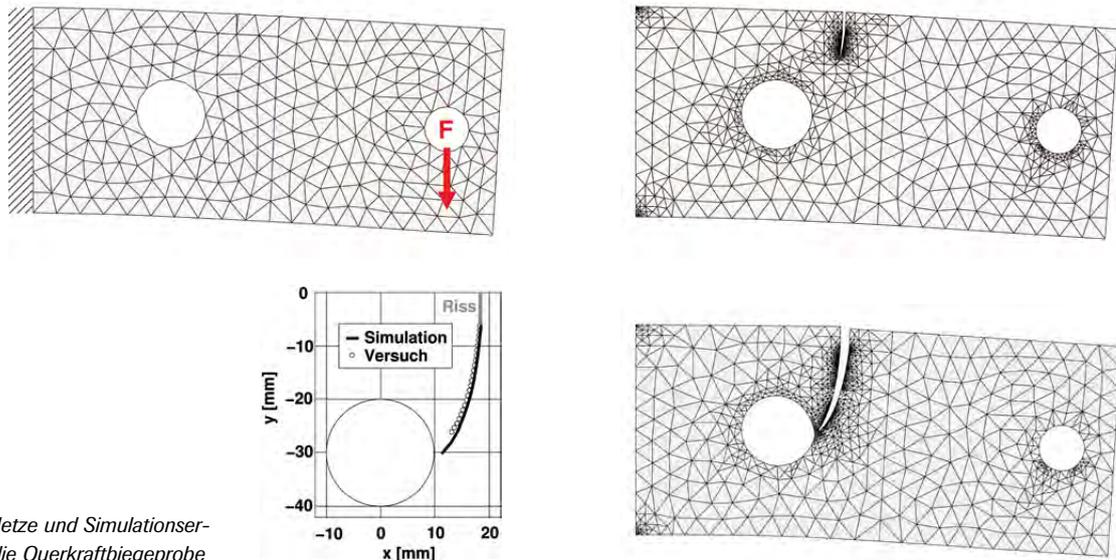


Bild 3: FEM-Netze und Simulationsergebnisse für die Querkraftbiegeprobe

Verfeinerung des Netzes in deren Umgebung, welche mit Hilfe einer adaptiven automatischen Verfeinerungstechnik realisiert wird. Hierzu wird ein fehlergesteuertes Verfahren angewandt, das auf einem lokalen residuumsbasierten Fehlerindikator beruht, der anhand der FEM-Lösung selbst aus dem Spannungssprung entlang der Elementkanten abgeschätzt wird. Zur Verfeinerung werden die isoparametrischen 6-Knoten-Dreieckselemente (gemäß Bild 2) entweder halbiert („grüne“ Kantenteilung) oder in 4 Subdreiecke zerlegt („rote“ Elemententeilung). Nachdem durch Netzverfeinerung eine gewünschte Genauigkeit der FEM-Lösung erreicht ist (rechte Schleife in Bild 1), werden die bruchmechanischen Kenngrößen  $K_I$  und  $K_{II}$  mit Hilfe des Interaktionsintegrals [1] berechnet. Im nächsten Schritt werden daraus die Richtung  $\hat{j}$  und die Länge  $\Delta a$  der Rissausbreitung mit Hilfe des Bruchkriteriums der maximalen Umfangsspannung und dem Risswachstumsgesetz nach Paris-Erdogan bestimmt. Im FEM-Netz wird daraufhin von der aktuellen Rissspitze  $P$  zur neuen Rissspitze  $P'$  eine Strecke  $\overline{PP'}$  erzeugt, an der die neue Rissdiskontinuität generiert werden muss. Dazu sind neue Knoten und Kanten entlang der Strecke  $\overline{PP'}$  zu definieren sowie die betroffenen Elemente zu teilen.

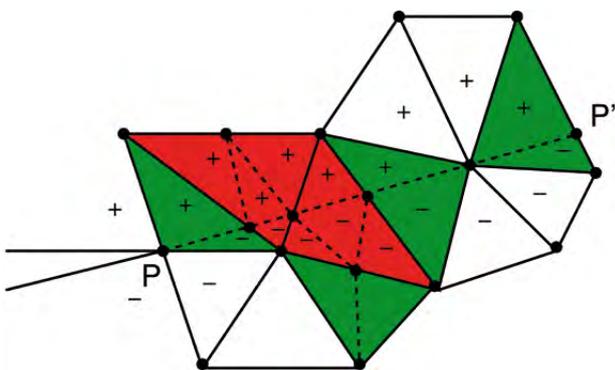


Bild 2: Netzanpassung bei Rissausbreitung durch Elemententeilung

Der Algorithmus ist in Bild 2 dargestellt. Alle Elemente, bei denen zwei Kanten durch die Strecke  $\overline{PP'}$  geschnitten werden, sind durch eine „rote“-Teilung zu verfeinern. Eine „grüne“-Teilung erfolgt für die Elemente, welche nur an einer Elementkante geschnitten werden. Die restlichen Elemente bleiben unverändert.

Als Demonstrationsbeispiel wurde die Querkraftbiegeprobe mit Kreisloch gewählt, da hierfür experimentelle Ergebnisse um Ermüdungsrisswachstum vorliegen, Bild 3 (links oben) zeigt das grob vernetzte Ausgangsmodell für die FEM-Simulation. Die links eingespannte Probe wird an der Bohrung durch eine zyklische Kraft  $F$  belastet, so dass der Startriss an der Oberkante zu wachsen beginnt. Im Bild 3 sind mehrere Stadien der simulierten Rissausbreitung zu sehen, die eine recht gute Übereinstimmung mit den experimentellen Beobachtungen zeigen.

### Bruchsicherheit nuklearer Transportbehälter

Für die verkehrsrechtliche Zulassung nuklearer Transportbehälter, die aus duktilem Gusseisen GJS 400 gefertigt werden, ist nach den Vorschriften der Internationalen Atomenergiebehörde (IAEA) ein umfassender bruchmechanischer Sicherheitsnachweis erforderlich, der in Deutschland durch die Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) zertifiziert und präzisiert wird [4]. Insbesondere ist die Integrität der Transportbehälter bei Unfallszenarien nachweislich, wo es durch Aufprall, Zusammenstoß oder Fall zu extremen dynamischen Belastungen kommen kann. Dieser bruchmechanische Sicherheitsnachweis basiert auf dem Prinzip des Ausschlusses jeglicher Form von Rissinitiation oder -wachstum hypothetisch anzunehmender rissartiger Fehler. Im Rahmen der Zulassung wird jeder CASTOR®-Behälter nach der Fertigung einer umfangreichen zerstörungsfreien Prüfung (ZfP) mit Röntgenstrahlen, Ultraschall u.a. unterzogen, so dass Gussfehler oberhalb der Auflösungsgrenze dieser Verfahren ausgeschlossen werden können. Für kleinere,

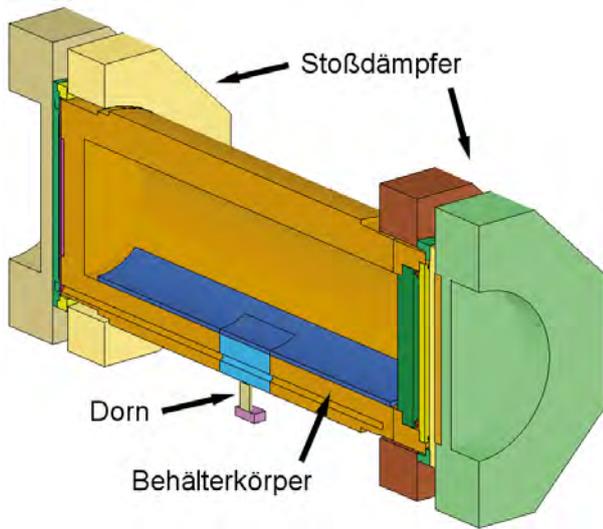


Bild 4: Modell eines CASTOR-Transportbehälters beim Fall auf einen Dorn aus 1 m Höhe

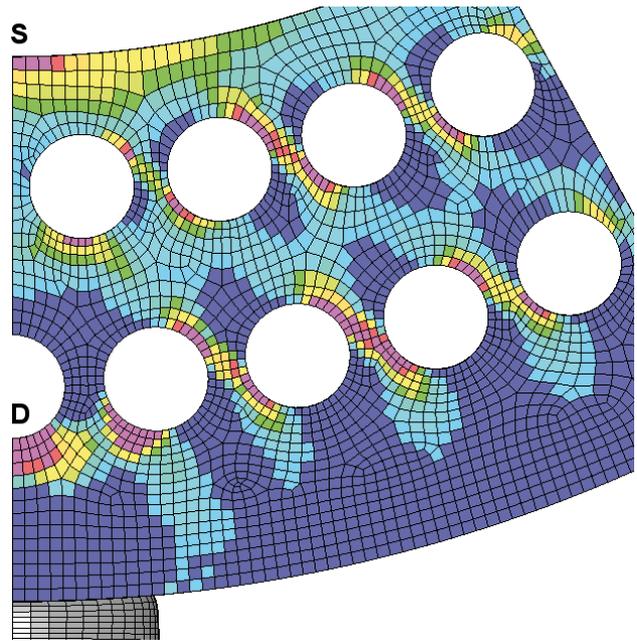


Bild 5: Verteilung der Hauptspannungen im Bereich oberhalb des Dorns

nicht zweifelsfrei detektierbare Fehler muss rechnerisch nachgewiesen werden, dass sie nicht zur Rissinitiierung führen. Die zu unterstellende (fiktive!) Fehlergröße wird dabei direkt aus den Auflösungsgrenzen der ZfP abgeleitet und unter Berücksichtigung von Sicherheitsfaktoren konservativ in einen äquivalenten elliptischen rissartigen Ersatzfehler überführt [5].

Die Bewertung der Bruchsicherheit erfolgt durch einen Vergleich der bruchmechanischen Beanspruchungsgrößen wie dynamischer Spannungsintensitätsfaktor  $K_J^d$  oder  $J$ -Integral mit den bruchmechanischen Werkstoffkennwerten gegen Rissinitiierung. Werkstoffseitig werden für duktilen Gusseisen die Minimalwerte der Bruchzähigkeit  $K_{Ic}$  bzw.  $J_{krit}$  bei dynamischer Belastung, niedrigster Auslegungstemperatur (-40°C) sowie bei ungünstigster Werkstoffqualität angenommen. Beanspruchungsseitig ist bei der Berechnung der bruchmechanischen Kenngröße eine obere Grenze anzustreben. Dementsprechend sind der größtmögliche Fehler sowie die ungünstigste Fehlergeometrie und -orientierung am Ort der maximalen Beanspruchung zu berücksichtigen. Die Orientierung des Fehlers wird senkrecht zur maximalen Hauptnormalspannung gewählt. Eine detaillierte Spannungsanalyse am Behälter ist somit eine wesentliche Voraussetzung für den bruchmechanischen Sicherheitsnachweis.

Im folgenden Beispiel [6] fällt ein Transportbehälter vom Typ CASTOR® aus 1 m Höhe mantelseitig auf einen zylindrischen Stahldorn (Bild 4). Infolge des Aufpralls ovalisieren die über den Umfang des Behälterkörpers verteil-

ten Moderatorbohrungen und bilden lokale Spannungskonzentrationen an den Zugseiten aus. In Bild 5 ist zum Zeitpunkt maximaler Beanspruchung die Verteilung der maximalen Hauptnormalspannung oberhalb der Dornaufprallstelle in einer Schnittebene senkrecht zur Behälterachse dargestellt. Nach den Vorschriften sind bruchmechanische Nachweise für alle Bereiche zu führen, in denen die maximale Hauptnormalspannung die halbe Streckgrenze des Werkstoffs übersteigt. Dieses Spannungskriterium trifft z. B. auf die Positionsnummer 1 in Bild 5 zu, so dass an dieser Stelle ein hypothetischer halb-elliptischer Riss anzunehmen und zu bewerten ist. Bild 6 zeigt die entsprechende FEM-Diskretisierung für diese Risskonfiguration. Als bruchmechanische Beanspruchungsgröße wird das dynamische  $J$ -Integral (configurational force) herangezogen, für dessen Berechnung ein eigenständiger FEM-Postprozessor entwickelt und an zahlreichen Beispielen validiert wurde [6]. Durch numerische Auswertung eines Gebietsintegrals um die Rissfront wird in Verbindung mit der Methode der virtuellen Rissausbreitungstechnik [1] die räumliche, statische und dynamische, linear-elastische und elastisch-plastische bruchmechanische Beanspruchungsanalysen ermöglicht. Bild 7 stellt ein typisches Berechnungsergebnis dar. Der zeitliche Verlauf des dynamischen  $J$ -Integrals erreicht beim Dornstoß nach ca. 60 ms sein Maximum und ist entlang der Rissfront am Scheitelpunkt  $\Phi = 0$  am größten. Wenn diese Beanspruchungsgröße unterhalb des kritischen Werkstoffkennwertes  $J_{krit}$  bleibt, ist der Bruchsicherheitsnachweis erbracht.

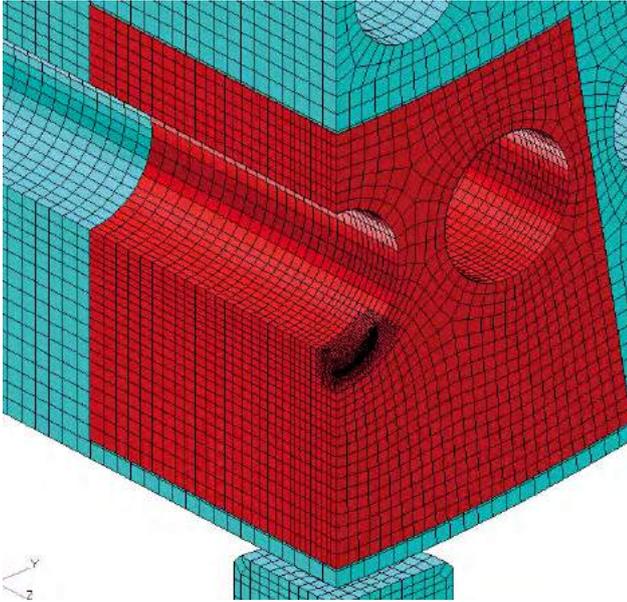


Bild 6: FEM-Diskretisierung eines Risses nahe der Moderatorbohrung

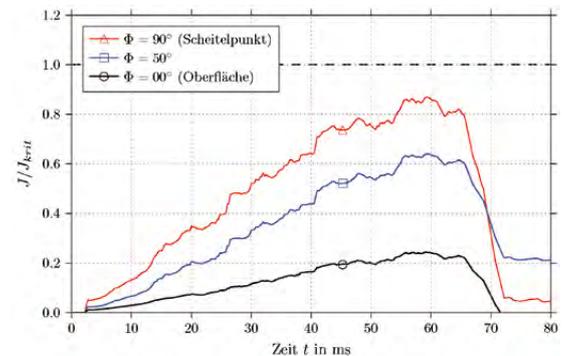


Bild 7: Berechneter zeitlicher Verlauf des dynamischen J-Integrals

## Bruchverhalten in piezo- und ferroelektrischen Keramiken

Ein neues und spannendes Gebiet ist das Bruch- und Versagensverhalten multifunktionaler Materialien (smart materials). Sensoren, Aktuatoren und Wandler aus piezoelektrischen und ferroelektrischen Materialien werden in zunehmendem Maße in der Mechatronik und Mikro-technik eingesetzt. Sie sind integrierte Komponenten in adaptiven mechanischen Strukturen oder werden in multifunktionale Compositewerkstoffe eingebettet. Beim technischen Einsatz sind derartige Bauelemente und Werkstoffe hohen mechanischen und elektrischen Feldern ausgesetzt. Aufgrund des elektromechanischen Kupplungseffektes verursachen elektrische Feldkonzentrationen an Defekten, Elektroden oder Materialsprüngen immer auch extreme mechanische Spannungen und umgekehrt. Deshalb kommt es z. B. in piezoelektrischen Stapelaktuatoren zur Schädigung und Rissausbreitung allein aufgrund zyklischer elektrischer Betriebsbelastungen. Bild 8 (links) zeigt Schädigungsrisse in einem PZT-Vielschicht-Aktuator, die von der Elektrode ausgehen und bis zum Kurzschluss führen (Quelle: Rödel, Darmstadt). In den letzten zwei Jahrzehnten hat sich die internationale Forschung intensiv mit der Entwicklung bruchmechanischer Konzepte für die zumeist spröden Funktionskeramiken befasst [7], wie u. a. das 2009 in Freiberg organisierte Internationale IUTAM Symposium belegt [7][8]. Dabei wurde mit analytischen Risslösungen herausgefunden, dass zusätzlich zu den mechanischen Feldsingularitäten am Riss auch die elektrischen Felder singularär werden, was mit Hilfe

des dielektrischen Intensitätsfaktors  $K_{IV}$  quantifiziert wird. Für die numerische Berechnung der Bruchkenngrößen in linearen piezoelektrischen Strukturen unter kombinierten elektromechanischen Belastungen wurden inzwischen leistungsstarke FEM-Techniken entwickelt [9].

Es stellte sich jedoch bald heraus, dass zum tieferen Verständnis der Bruchphänomene in diesen Materialien das nichtlineare ferroelektrische Verhalten an Konzentrationsstellen einbezogen werden muss. Zu diesem Zweck erweist sich ein multiskaliger Ansatz als Erfolg versprechend, siehe Bild 8. Auf der Mikroskala besitzt die Elementarzelle des tetragonalen PZT eine unsymmetrische Ladungsverteilung, die als spontane Polarisation bezeichnet wird. Diese Elementarzellen ordnen sich auf der Mesoskala innerhalb eines Korns kristallografisch in Form von sechs unterschiedlich ausgerichteten ferroelektrischen Domänen an. Das PZT-Bauelement auf der Makroskala ist wiederum aus zahlreichen verschiedenen Körnern zusammengesetzt. Durch Implementierung dieses mikromechanischen Domänenmodells in eine elektromechanische FEM-Umgebung [10] ist man in der Lage, die nichtlinearen Domänenprozesse an Rissspitzen zu simulieren. Bild 9 zeigt Berechnungsergebnisse für einen Ausschnitt des PZT-Aktuators mit bereits angerissener Elektrode. Die roten Pfeile repräsentieren die Richtung und Größe der effektiven Polarisation der Domänen, die sich bei Anlegen eines elektrischen Feldes  $E [0 - E_c]$  einstellt. Das elektrisch induzierte Domänenschalten erzeugt mechanische Eigenspannungen an der Rissspitze, die sich mit den Lastspannungen überlagern. Als bruchme-

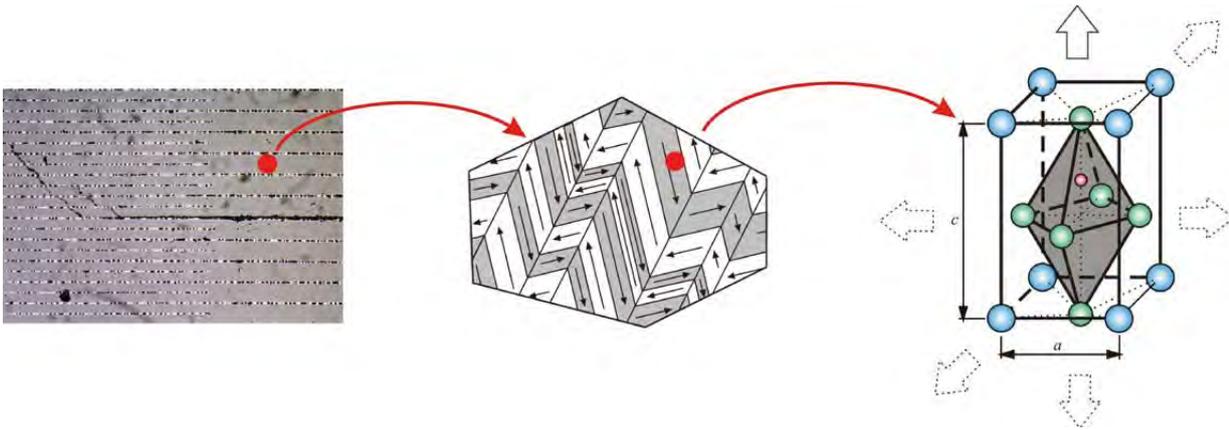


Bild 8: Simulation des Versagens ferroelektrischer Bauelemente: PZT-Stapelaktuator (makro), ferroelektrische Domänen (meso), elementare Kristallzelle (mikro)

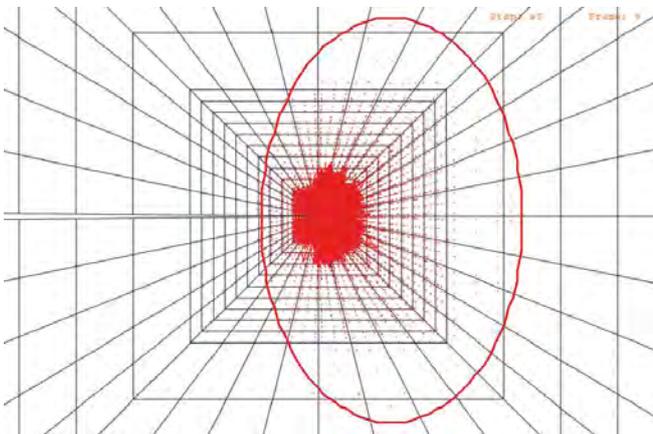


Bild 9: Switching Zone ferroelektrischer Domänen am Riss im Stapelaktuator bei elektrischem Feld  $E = 0,8 E_c$

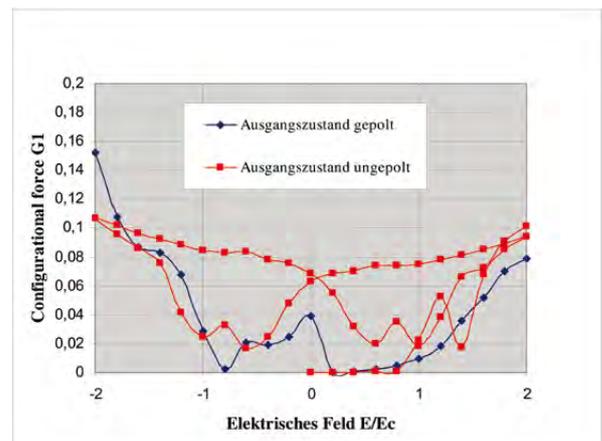


Bild 10: Konfigurationskraft an der Risspitze als Funktion des elektrischen Feldes

chanische Beanspruchungsgröße wurde das elektromechanische  $J$ -Integral (configurational force) ausgewertet, dessen Veränderung mit der angelegten Feldstärke  $E$  Bild 10 zu entnehmen ist.

### Simulation mikroskopischer Bruchvorgänge beim Sägen von Wafern

Bruchvorgänge sind per se nicht negativ einzustufen! Es gibt auch zahlreiche technische Anwendungsgebiete wie Zerkleinerung-, Trenn- und Bearbeitungstechnologien, wo Bruchprozesse durchaus gewollt sind und bewusst eingesetzt werden. Dann ist die Bruchmechanik gefragt, um Maschinen, Werkzeuge und Verfahren zu optimieren.

Ein aktuelles modernes Gebiet dieser Art ist das Drahtsägen, Schleifen und Polieren von Wafern in der Halbleiterindustrie. Das Zerteilen der gezüchteten Kristalle in Wafer der Größe 156 x 156 mm und Dicke 0,2 mm in der Solarindustrie erfolgt durch Sägen mit parallelen bewegten Drahtfeldern, in die der Siliziumblock eingeschoben wird (Bild 11). Bei diesem Trennläpp-Prozess wird eine Suspension (Slurry) aus Abrasivpartikeln und Trägerfluid zugesetzt. Der Abtragungsprozess erfolgt in einem Prozessspalt zwischen Draht und Werkstückoberfläche (Silizium-Ingots). Die harten abrasiven Partikel aus SiC werden mit der Slurry eingebracht und durch die Bewegung des Drahtes auf die Oberfläche des Kristalls gedrückt. Die harten Ecken der Partikel erzeugen hohe

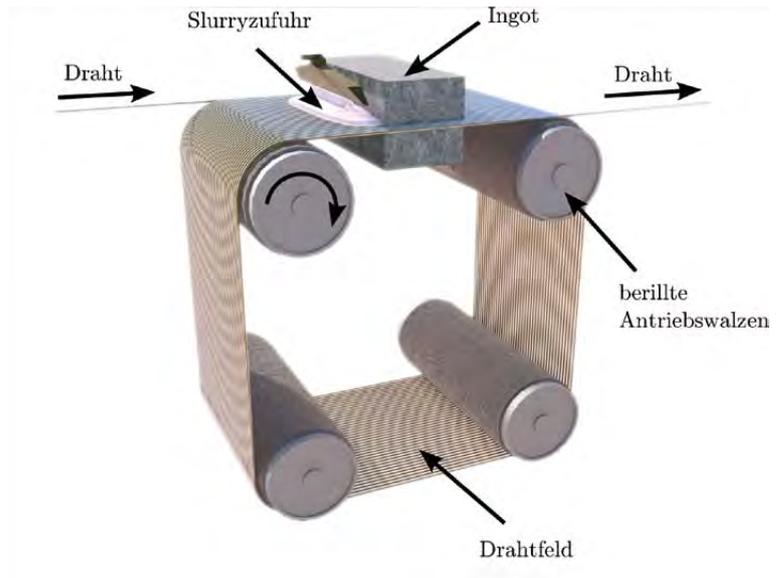


Bild 11: Prinzip einer modernen Drahtsäge zum Herstellen von Silizium-Wafern

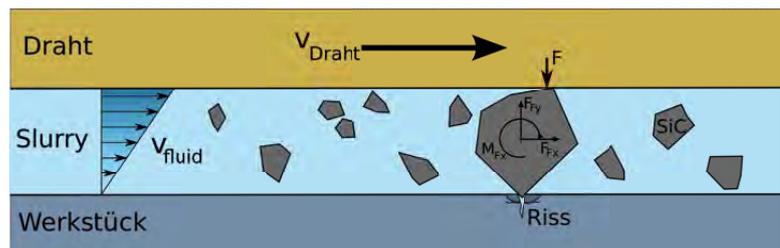
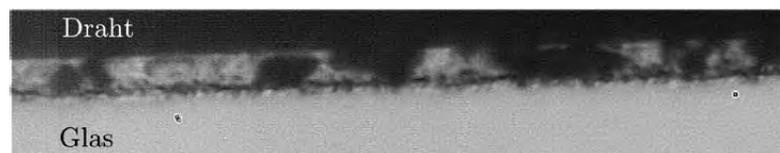


Bild 12: Modell vom „rollenden Indenter-Partikel“ (oben), Hochgeschwindigkeitsaufnahme eines Sägespaltes von ca.  $20\mu\text{m}$  bei Drahtgeschwindigkeiten von  $10\text{m/s}$  (unten) rechts: 2D DEM Simulation



mechanische Spannungen im Kristall und lösen millionenfach mikroskopisch kleine Bruchvorgänge aus, die zum Materialabtrag führen.

Die im „Werkstück Silizium“ auftretende Rissbildung hat Ähnlichkeit mit der Rissentstehung bei Mikrohärte-eindrücken. Auf dieser Analogie basiert die in Bild 13 illustrierte Modellbildung. Es bilden sich im Wesentlichen zwei Rissysteme aus: Vertikale, so genannte *radiale Risse* unter Belastung, die je nach Tiefe im Material verbleiben und *laterale Risse* parallel zur Oberfläche, die zum eigentlichen Materialabtrag bei Entlastung führen - dem so genannten „Chipping“. Diese Vorstellung des mikroskopischen Abtragsmechanismus wird „Modell vom rollenden

Indenter-Partikel“ genannt [11]. Erste experimentelle Beobachtungen (Dr. Chaves, IMFD) bestätigen eindrucksvoll diese Hypothese (Bild 12 unten).

Auf den ersten Blick ist man erstaunt, dass ausgerechnet diese Trenntechnologie sich großtechnisch durchgesetzt hat. Wie sollte man aber sonst ein sprödes Material wie Silizium (Mohs-Härte 7) schonend in dünne Scheiben trennen? Schon die alten Ägypter benutzten Hanfseile und Wüstensand, um die Steine für ihre Pyramiden zu sägen. Qualitativ ähnliche Prozesse vollziehen sich beim Schleifen von Glaslinsen oder dem Läppen von metallischen Werkstücken.

Am IMFD wurde begonnen, diesen mikromechanischen Abtragsprozess experimentell zu untersuchen und mit

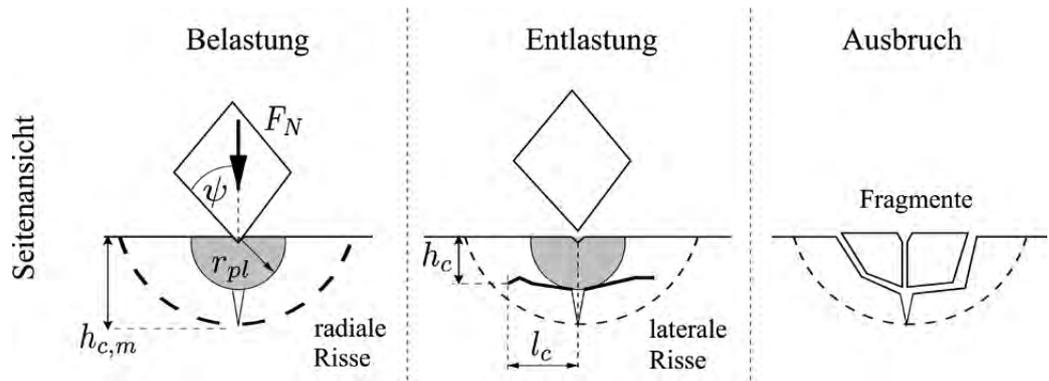


Bild 13: Rissbildung und Ausbruchvorgang beim Eindringen scharfer Spitzen in die Silizium-Oberfläche

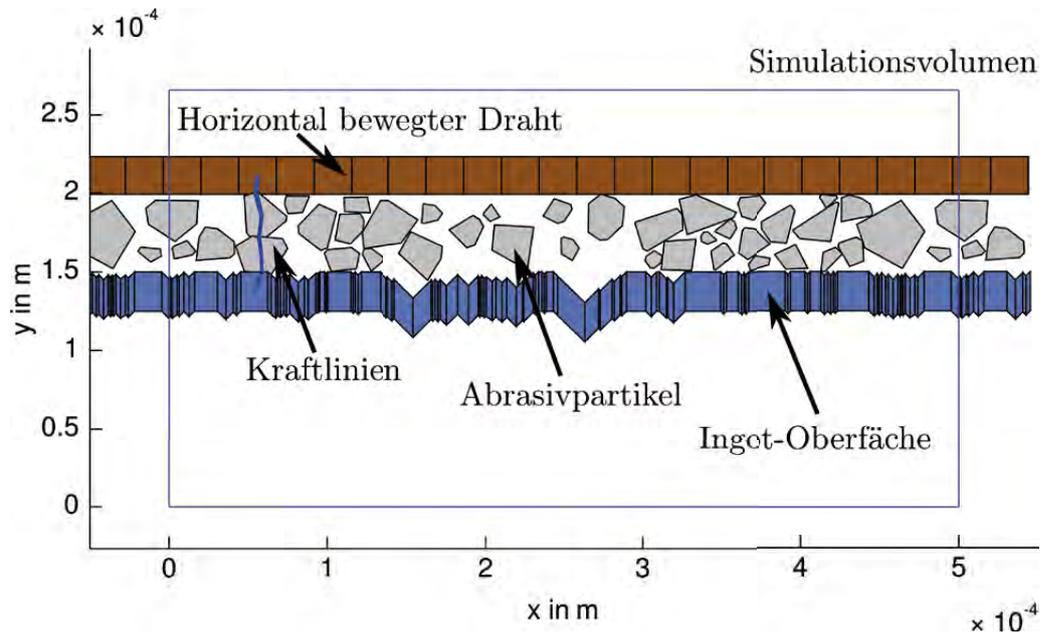


Bild 14: 2D DEM-Simulation der Bewegung polygonförmiger Partikel (2 - 10  $\mu\text{m}$ ) im Sägespalt mit mikromechanischen Ausbruchvorgängen

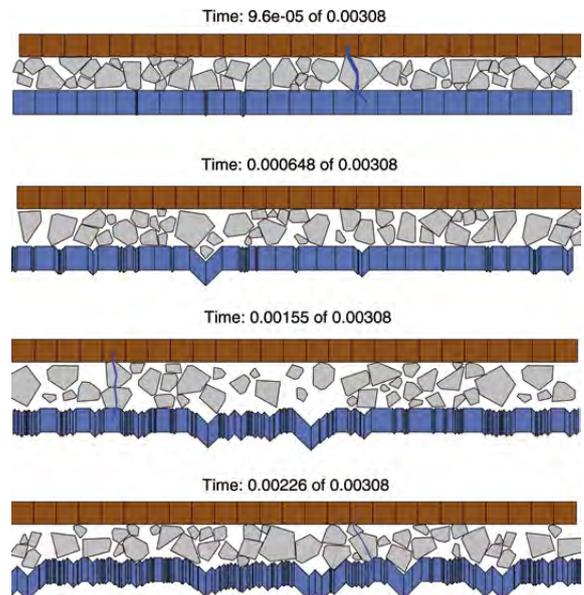


Bild 15: 2D DEM-Simulation der Bewegung polygonförmiger Partikel (2 - 10  $\mu\text{m}$ ) im Sägespalt mit mikromechanischen Ausbruchvorgängen

Hilfe der Diskreten-Elemente-Methode (DEM) zu simulieren [12]. Bei den meisten DEM-Modellen werden die bewegten Partikelsysteme jedoch als Kugeln repräsentiert und sind von starren Wänden umgeben. Im Gegensatz dazu stehen beim Drahtsägen die Einwirkung der abrasiven Partikel auf die Wände und der dadurch verursachte Abtrag im Mittelpunkt des Interesses. Ein wesentliches Charakteristikum hierbei ist die eckige Geometrie der Partikel, wodurch die numerische Behandlung des Kontaktverhaltens mit der DEM erheblich erschwert wird [13]. Wie die 2D-Simulationsergebnisse zeigen (Bild 14), übernehmen vor allem große Partikel oder Partikelcluster die Kraftbrücken zwischen Draht und Silizium-Oberfläche. Qualitativ stimmt die simulierte Partikelbewegung recht gut mit den experimentellen Beobachtungen der Vorgänge im Sägespalt überein, vergleicht man die numerisch und experimentell gewonnenen Bilder 14 und 12. Schließlich wurde versucht, auch den Materialabtrag aus der Silizium-Oberfläche zu berücksichtigen, wozu auf o. g. Modelle der Indenter-Bruchmechanik zurückgegriffen wurde. Gesteuert durch die Größe der Kontaktkräfte zwischen Partikel und Silizium wurde das Ausbruchvolumen abgeschätzt und danach die Form der Silizium-Oberfläche in der DEM angepasst und gleichzeitig das ausgebrochene Teilchen als zusätzliches Partikel in die Simulation aufgenommen (Bild 15).

Ziel der mikromechanischen DEM-Simulationen ist es, den Einfluss von Form, Größe und Verteilung der Abrasivpartikel in der Scherspaltströmung besser zu verstehen, um den Zusammenhang zu den makroskopischen technologischen Betriebsparametern, zu den gewünschten Abtragsraten und zu den erzielten Produkteigenschaften wie Oberflächenqualität herzustellen.

### Danksagung

Mein Dank gilt den beteiligten Mitarbeitern Dr. F. Rabold, T. Leibelt, Dr. M. Enderlein, T. Liedke und Dr. Qun Li sowie Kollegen Prof. Dr. A. Meyer (TU Chemnitz). Die Forschungsarbeiten wurden größtenteils von der DFG gefördert.

### Literatur

- [1] Kuna, M.: Numerische Beanspruchungsanalyse von Rissen. FEM in der Bruchmechanik, Vieweg-Teubner Verlag (2010), 446 Seiten
- [2] Meyer, A., Rabold, F., Scherzer, M.: Efficient finite element simulation of crack propagation using adaptive iterative solvers. *Comm. Numerical Methods Engng.* 22 (2006) 93-108
- [3] Janski, L., Serzer, M., Steinhorst, P., Kuna, M.: Adaptive finite element computation of dielectric and mechanical intensity factors in piezoelectrics. *Int. J. Num. Meth. Eng.* 81 (2010), 1492-1513
- [4] Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM): „GGR 007 - Leitlinie zur Verwendung von Gusseisen mit Kugelgraphit für Transport- und Lagerbehälter für radioaktive Stoffe“ (2002)
- [5] Berger, C. u. a.: Bruchmechanischer Festigkeitsnachweis, VDMA Vlg., Düsseldorf (2009)
- [6] Leibelt, T., Enderlein, M., Wippler, S., Völzer, W., Kuna, M.: Anwendung bruchmechanischer Analysenwerkzeuge auf Fallversuche von Transportbehältern. DVM – Bericht 241 (2009) S.31-42
- [7] Kuna, M.: Fracture mechanics of piezoelectric materials – Where are we right now? *Engineering Fracture Mechanics* 77 (2010) 309-326
- [8] Kuna, M., Ricoeur, A.: Proceedings of the IUTAM Symposium on Multiscale Modelling of Fatigue, Damage and Fracture in Smart Materials Systems, Freiberg (2009), Kluwer (2010) (in press)
- [9] Kuna, M.: Finite element analyses of cracks in piezoelectric structures – a survey. *Archive of Applied Mechanics* 76 (2006) 725-745
- [10] Li, Q., Enderlein, M., Kuna, M.: Micromechanical simulation of ferroelectric domain switching at cracks, in [8]
- [11] Möller, H. J., Crystal sawing technology, Eds. Scheel, H. J. and Capper, P., Wiley – VCH Weinheim (2008) 443 – 460
- [12] Liedke, T., Kern, D., Ams, A., Scherzer, M., Kuna, M.: Mikromechanische Simulation des Drahtsägesprozesses unter Verwendung der DEM und Kriterien der Indenterbruchmechanik, in: Bruchmechanik und Bauteilsicherheit, 40.Tagung des DVM-Arbeitskreises Bruchvorgänge, Stuttgart (2008), 131-140
- [13] D'Addetta, G.A., Kun, F., Ramm, E.: On the application of a discrete model to the fracture process of cohesive granular materials, *Granular Matter*, 4 (2002), 77-90



**Meinhard E. Kuna** Prof. Dr. rer. nat., geboren am 04. Januar 1950 in Eckartsberga, Studium: Physik in Magdeburg, 1973 Diplom-Physiker; 1973-1975 Wissenschaftliche Aspirantur am Institut für Festkörperphysik und Elektromikroskopie, Akademie der Wissenschaften der DDR in Halle, 1978 Promotion zum Dr. rer. nat., 1990 Habilitation an der Universität Halle-Wittenberg, 1976-1989 Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Forschungsgruppenleiter am o.g. Institut, 1991-1994 Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik Freiburg, u.a. Leiter der Außenstelle Halle, 1995 Gastprofessur Universität Magdeburg, 1996-1997 MPA Universität Stuttgart, seit 1997 C4-Professur für Technische Mechanik und Festkörpermechanik, TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanik und Fluidodynamik, ca. 220 Veröffentlichungen, Forschungsinteressen: Bruchmechanik, Entwicklung von FEM und BEM Verfahren zur Beanspruchungsanalyse von Rissen, Bewertung der Bruchsicherheit und Lebensdauer von Bauteilen, Werkstoffmodellierung und Schädigungsmechanik, Entwicklung und Implementierung von Materialgesetzen für sprödes, duktilen und viskoplastisches Versagen, gekoppelte thermoelektromechanische Feldprobleme, Simulation smart materials (Piezo-, Pyro- und Ferroelektrika) und adaptiver mechanischer Systeme, miniaturisierte Werkstoffprüfung und Parameteridentifikation.

# RUNDBRIEF Readers

Save 30% on these SIAM titles:

## Modeling, Simulation, and Optimization of Supply Chains: A Continuous Approach

Ciro D'Apice, Simone Göttlich, Michael Herty, and Benedetto Piccoli

This book offers a state-of-the-art introduction to the mathematical theory of supply chain networks, focusing on supply chain networks described by partial differential equations. The authors discuss modeling of complex supply networks as well as their mathematical theory; explore modeling, simulation, and optimization of some of the discussed models; and present analytical and numerical results on optimization problems. Real-world examples are given to demonstrate the applicability of the presented approaches.

2010 · x + 206 pages · Softcover · ISBN 978-0-898717-00-6  
List Price \$69.00 · RUNDBRIEF Price \$48.30 · Order Code OT121

## Introduction to the Mathematics of Subdivision Surfaces

Lars-Erik Andersson and Neil F. Stewart

This book provides a careful and rigorous presentation of the mathematics underlying subdivision surfaces as used in computer graphics and animation, explaining the concepts necessary to easily read the subdivision literature. It also organizes subdivision methods in a unique and unambiguous hierarchy in order to provide insight and understanding. The material is not restricted to questions related to regularity of subdivision surfaces at so-called extraordinary points but instead gives a broad discussion of the various methods. The authors provide exercises and projects at the end of each chapter and course material, including solutions to the exercises, is available online.

2010 · xxiv + 356 pages · Hardcover · ISBN 978-0-898716-97-9  
List Price \$75.00 · RUNDBRIEF Price \$52.50 · Order Code OT120

## Numerical Matrix Analysis: Linear Systems and Least Squares

Ilse C. F. Ipsen

This self-contained textbook presents matrix analysis in the context of numerical computation with numerical conditioning of problems and numerical stability of algorithms at the forefront. Using a unique combination of numerical insight and mathematical rigor, it advances readers' understanding of two phenomena: sensitivity of linear systems and least squares problems, and numerical stability of algorithms. The material is presented at a basic level, emphasizing ideas and intuition, and each chapter offers simple exercises for use in the classroom and more challenging ones for student practice.

2009 · xiv + 128 pages · Softcover · ISBN 978-0-898716-76-4  
List Price \$59.00 · RUNDBRIEF Price \$41.30 · Order Code OT113

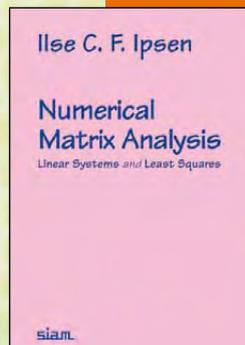
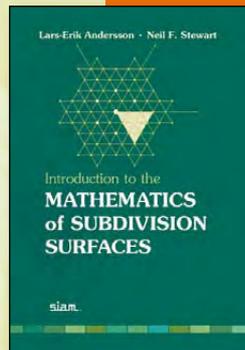
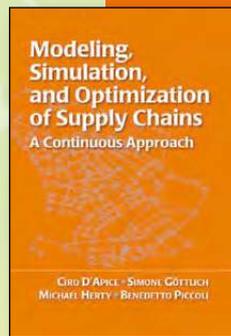
## Learning MATLAB

Tobin A. Driscoll

This engaging book is a concise introduction to the essentials of the MATLAB® programming language and is ideal for readers seeking a focused and brief approach to the software. *Learning MATLAB* contains numerous examples and exercises involving the software's most useful and sophisticated features and an overview of the most common scientific computing tasks for which it can be used. Rather than including exhaustive technical material, the author teaches through readily understood examples and numerous exercises that range from straightforward to very challenging.

2009 · xiv + 97 pages · Softcover · ISBN 978-0-898716-83-2  
List Price \$28.00 · RUNDBRIEF Price \$19.60 · Order Code OT115

**siam** SOCIETY FOR INDUSTRIAL AND APPLIED MATHEMATICS



Be sure to enter  
discount code "BKGM10"  
to get special price.

Art is adapted from a paper by Roger P. Pawłowski and John Sladfil, Sandia National Laboratories, and Joseph P. Simonis and Homer F. Walker, Department of Mathematical Sciences, Worcester Polytechnic Institute.

**TO ORDER, SHOP ONLINE AT [www.siam.org/catalog](http://www.siam.org/catalog).**

Use your credit card (AMEX, MasterCard, and VISA) by phone: +1-215-382-9800 worldwide, fax: +1-215-386-7999, or e-mail: [siambooks@siam.org](mailto:siambooks@siam.org). Or send check or money order in US dollars to: SIAM, Dept. BKGM10, 3600 Market Street, 6th Floor, Philadelphia, PA 19104-2688 USA. Members and customers outside North America can also order SIAM books through SIAM's distributor, Cambridge University Press, at [www.cambridge.org/siam](http://www.cambridge.org/siam).

9/10\_2

**ORDER ONLINE:  
[WWW.SIAM.ORG/CATALOG](http://WWW.SIAM.ORG/CATALOG)**

**Dr.-Ing. habil. Uwe Reuter** studierte Bauingenieurwesen an der Technischen Universität Dresden (TUD). Nach seinem mit Auszeichnung abgeschlossenem Studium war er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Statik und Dynamik der Tragwerke an der TUD, wo er im Sonderforschungsbereich 528 im Teilprojekt „Beurteilung des Sicherheitsniveaus textilverstärkter Bauwerke“ sowie im DFG-Projekt „Prediction of structural responses with the aid of fuzzy stochastic time series“ Methoden zur Sicherheitsbeurteilung und Prognose des Verhaltens von Tragstrukturen entwickelte. Im Jahr 2006 promovierte er zum Thema „Analyse und Prognose von Zeitreihen mit Fuzzy-Daten zur Prädiktion von Strukturantworten“ mit Auszeichnung und erhielt für diese Arbeit den „Kurt-Beyer-Preis“ der TUD und der HochTief AG. Seit 2007 ist Uwe Reuter geschäftsführender Leiter des Fakultätsrechenzentrums der Fakultät Bauingenieurwesen der TUD. 2009 wurde er auf dem Gebiet Statik und Dynamik habilitiert.

In allen Bereichen der Ingenieur- und Naturwissenschaften müssen ungewisse Daten bei der Modellierung von Problemstellungen berücksichtigt werden.

Insbesondere bei der Modellierung mechanischer Zusammenhänge sind variable und/oder unscharfe Beobachtungen auszuwerten sowie bei der Berechnung auf Ergebnisgrößen abzubilden. Nach Abschluss seines Bauingenieurstudiums widmete sich Uwe Reuter am Institut für Statik und Dynamik der Tragwerke der TUD dieser Problematik. Er entwickelte Modelle und Algorithmen zur Berücksichtigung von Ungewissheit bei der Analyse textilverstärkter Bauwerke und nahm Erweiterungen der fuzzy-stochastischen Zuverlässigkeitsanalyse bei Vorliegen von variablen unscharfen Daten vor [3]. Bei der Zuverlässigkeitsanalyse von Tragstrukturen unter Berücksichtigung ungewisser Daten ist eine geschlossene analytische Lösung zur Berechnung des Sicherheitsniveaus in der Regel nicht möglich. Die näherungsweise Bestimmung des Sicherheitsniveaus durch Simulationen ist mit einem beträchtlichen numerischen Aufwand verbunden. Uwe Reuter entwickelte im SFB 528 effiziente varianzminimierte numerische Verfahren zur Berechnung der Versagens- und Fuzzy-Versagenswahrscheinlichkeit [6, 9]. Neben dieser Tätigkeit war er im Rahmen eines Industrieprojektes aktiv und führte numerische Erdbebenuntersuchungen für Holzkonstruktionen in Sandwich-element-Bauweise durch.

Darüber hinaus widmete sich Uwe Reuter der Prognose von Strukturantworten auf der Basis von über einen gewissen Zeitraum regelmäßig durchgeführten Beobachtungen und Messungen an Tragwerken. Die Auswertung der Mess- bzw. Zeitreihen liefert Erkenntnisse über Gesetzmäßigkeiten des zeitlichen Verlaufs

der Beobachtungen. Unter Kenntnis der zugrundeliegenden Gesetzmäßigkeiten sind Prognosen des zukünftigen Verlaufs der Zeitreihe möglich. Mit Hilfe der

Prognosen können Voraussagen über zu erwartende Strukturantworten abgeleitet werden. Hierfür entwickelte Uwe Reuter Methoden zur Analyse und Prognose von Zeitreihen mit unscharfen Daten im Rahmen der Tragwerksanalyse [2]. Exemplarisch kann die Entwicklung von instationären Fuzzy-AutoRegressive-Moving-Average-Prozessen [5] sowie von Künstlichen Neuronalen Netzen zur Abbildung von Fuzzy-Größen [8] genannt werden. Seine Promotion auf diesem Gebiet schloss er im Juni 2006 mit Auszeichnung ab [1] und erhielt für diese Arbeit den „Kurt-Beyer-Preis“ der TUD und der HochTief AG.

Da die bis zu diesem Zeitpunkt existenten Methoden zur Abbildung von unscharfen Daten auf konvexe Fuzzy-Größen beschränkt waren, widmete sich Uwe Reuter nach seiner Promotion der Entwicklung numerischer Verfahren zur Berücksichtigung nichtkonvexer Fuzzy-Größen bei der Fuzzy-Tragwerksanalyse. Durch Erweiterung bestehender Diskretisierungsverfahren entwickelte er Möglichkeiten der numerischen Repräsentation nichtkonvexer Fuzzy-Größen und nichtkonvexer Fuzzy-Zufallsgrößen [4]. Darauf aufbauend erweiterte er das Verfahren der fuzzy-stochastischen Tragwerksanalyse um Methoden, nichtkonvexe fuzzy-zufällige Eingangsgrößen abbilden zu können. Im Ergebnis liegen neue Verfahren zur Ermittlung der Fuzzy-Versagenswahrscheinlichkeit unter Berücksichtigung nichtkonvexer fuzzy-stochastischer Beanspruchungen und Systemwiderstände als auch nichtkonvexer Fuzzy-Grenzzustandsfunktionen vor. Unter anderem wurde das klassische Subset-Sampling zum Subset-Fuzzy-Sampling basierend auf einer Markov-Ketten-Simula-

## STECKBRIEF



tion nichtkonvexer Fuzzy-Zufallsgrößen erweitert [6]. Im Jahr 2009 legte er seine Habilitationsschrift zum Thema „Modellierung ungewisser Daten im Bauingenieurwesen und Anwendung der Modelle in Statik und Dynamik“ an der Fakultät Bauingenieurwesen der TUD vor und wurde auf dem Gebiet Statik und Dynamik habilitiert.

Zur Zeit arbeitet Uwe Reuter an der Erforschung und Entwicklung von Methoden zur Sensitivitätsanalyse

nichtlinearer mechanischer Modelle und deren Realisierung in effizienten Algorithmen für die numerische Optimierung im Rahmen von Entwurfsproblemen [7]. Als Dozent nimmt er Lehraufgaben auf dem Gebiet der numerischen Mathematik wahr. Darüber hinaus nahm er unter anderem aktiv am letztjährigen GAMM/IIASA-Workshop „Coping with Uncertainty“ teil [9] und ist einer der Hauptorganisatoren des GACM Colloquiums for Young Scientists on Computational Mechanics im August/September 2011.

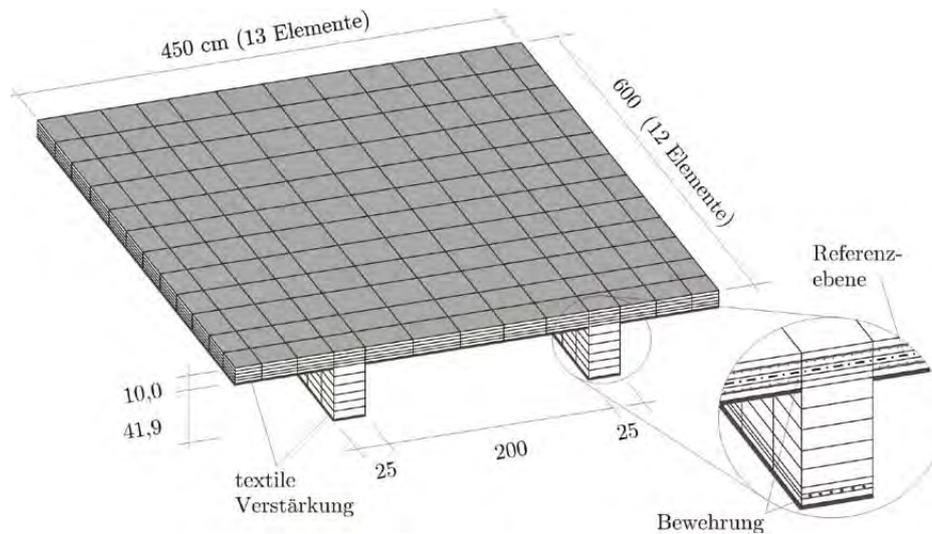


Bild 1: Finite-Elemente Modell einer textilverstärkten Plattenbalkendecke [5]

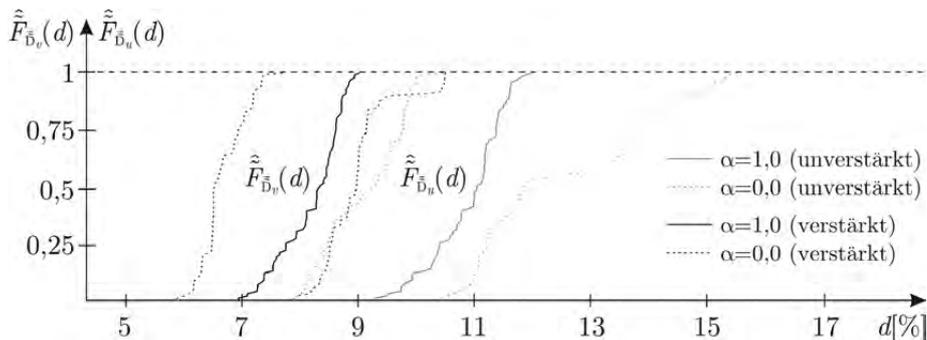


Bild 2: Empirische Fuzzy-Wahrscheinlichkeitsverteilungsfunktionen der Schädigung der verstärkten und unverstärkten Plattenbalkendecke [5]

**Literatur:**

[1] U. Reuter. Analyse und Prognose von Zeitreihen mit Fuzzy-Daten zur Prädiktion von Strukturantworten. Veröffentlichungen Institut für Statik und Dynamik der Tragwerke, Heft 10, Technische Universität Dresden, 2006  
 [2] B. Möller, U. Reuter. Uncertainty Forecasting in Engineering. Springer, 2007  
 [3] B. Möller, W. Graf, J.-U. Sickert, U. Reuter. Numerical simulation based on fuzzy stochastic analysis. Mathematical and Computer Modelling of Dynamical Systems, 13 (2007) 349 – 364  
 [4] U. Reuter. Application of Non-convex Fuzzy Variables to Fuzzy Structural Analysis. Soft Methods for Handling Variability and Imprecision, Advances in Soft Computing, 48 (2008) 369 – 375  
 [5] B. Möller, U. Reuter. Prediction of uncertain structural responses using fuzzy time series. Computers and Structures, 86 (2008) 1123 – 1139  
 [6] U. Reuter. Modellierung ungewisser Daten im Bauingenieurwesen und Anwendung der Modelle in Statik und Dynamik. Veröffentlichungen Institut für Statik und Dynamik der Tragwerke, Heft 17, Technische Universität Dresden, 2009  
 [7] U. Reuter, M. Liebscher, H. Müllerschoen. Global Sensitivity Analysis in Structural Optimization. Proceedings of the 7th European LS-DYNA® Conference, (2009) 1 – 11 (F-I-03), <http://www.dynalook.com/european-conf-2009/f-i-03.pdf>

[8] U. Reuter, B. Möller. Artificial Neural Networks for Forecasting of Fuzzy Time Series. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 25 (2010) 363 – 374  
 [9] U. Reuter, J.-U. Sickert, W. Graf, M. Kaliske. Modelling and Processing of Uncertainty in Civil Engineering, to appear at Springer, (submitted 2010)

**Kontakt:**

Technische Universität Dresden  
 Fakultät Bauingenieurwesen, Fakultätsrechenzentrum  
 01062 Dresden  
 Telefon: +49 351 463 35728  
 Fax: +49 351 463 37766  
 E-Mail: [uwe.reuter@tu-dresden.de](mailto:uwe.reuter@tu-dresden.de)  
 Internet: [www.tu-dresden.de/bi/wfrz](http://www.tu-dresden.de/bi/wfrz)

# RUNDBRIEF Readers

Save 30% on these SIAM titles:

## Primer on Optimal Control Theory

Jason L. Speyer and David H. Jacobson

The performance of a process—for example, how an aircraft consumes fuel—can be enhanced when the most effective controls and operating points for the process are determined. This holds true for many physical, economic, biomedical, manufacturing, and engineering processes whose behavior can often be influenced by altering certain parameters or controls to optimize some desired property or output. This book provides a rigorous introduction to analyzing these processes and finding the best modes of control and operation for them. It makes optimal control theory accessible to a large class of engineers and scientists who are not mathematicians but have a basic mathematical background and need to understand the sophisticated material associated with optimal control theory.

2010 · xii + 309 pages · Hardcover · ISBN 978-0-898716-94-8  
List Price \$89.00 · RUNDBRIEF Price \$62.30 · Order Code DC20

## Discrete Inverse Problems: Insight and Algorithms

Per Christian Hansen

This book gives an introduction to the practical treatment of inverse problems by means of numerical methods, with a focus on basic mathematical and computational aspects. To solve inverse problems, the authors demonstrate that insight about them goes hand in hand with algorithms. The book aims to provide readers with enough background that they can solve simple inverse problems and read more advanced literature on the subject.

2010 · xii + 213 pages · Softcover · ISBN-13: 978-0-898716-96-2  
List Price \$65.00 · RUNDBRIEF Price \$45.50 · Order Code FA07

## Lectures on Stochastic Programming: Modeling and Theory

Alexander Shapiro, Darinka Dentcheva, and Andrzej Ruszczyński

This book focuses on optimization problems involving uncertain parameters and covers the theoretical foundations and recent advances in areas where stochastic models are available. Readers will find coverage of the basic concepts of modeling these problems, including recourse actions and the nonanticipativity principle. The book also includes the theory of two-stage and multistage stochastic programming problems and the current state of the theory on chance (probabilistic) constraints.

2009 · xvi + 436 pages · Softcover · ISBN 978-0-898716-87-0  
List Price \$119.00 · RUNDBRIEF Price \$83.30 · Order Code MP09

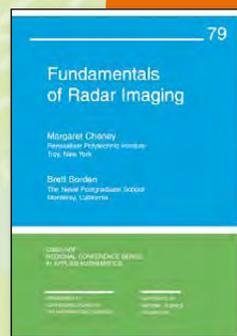
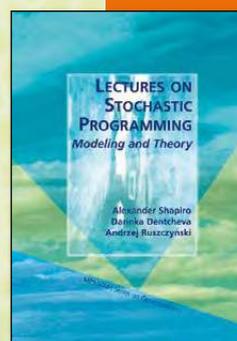
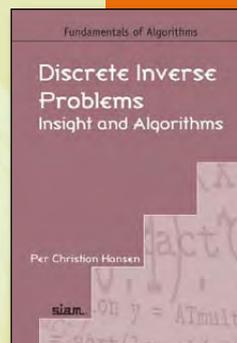
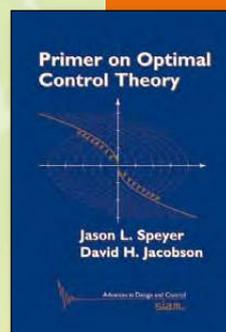
## Fundamentals of Radar Imaging

Margaret Cheney and Brett Borden

The goal of this book is to provide mathematicians with the background they need to work in the radar imaging field, building on the foundation of the underlying partial differential equations. The focus is on showing the connection between the physics and the mathematics and on supplying an intuitive mathematical understanding of basic concepts. The book includes a description of how a radar system works, together with the relevant mathematics; theory that guides the choice of radar waveforms; derivation of the fundamentals of scattering theory; and derivation and discussion of the image formation process.

2009 · xxiv + 140 pages · Softcover · ISBN 978-0-898716-77-1  
List Price \$59.00 · RUNDBRIEF Price \$41.30 · Order Code CB79

**siam** SOCIETY FOR INDUSTRIAL AND APPLIED MATHEMATICS



Be sure to enter discount code "BKGM10" to get special price.

TO ORDER, SHOP ONLINE AT [www.siam.org/catalog](http://www.siam.org/catalog).

Use your credit card (AMEX, MasterCard, and VISA) by phone: +1-215-382-9800 worldwide, fax: +1-215-386-7999, or e-mail: [siambooks@siam.org](mailto:siambooks@siam.org). Or send check or money order in US dollars to: SIAM, Dept. BKGM10, 3600 Market Street, 6th Floor, Philadelphia, PA 19104-2688 USA. Members and customers outside North America can also order SIAM books through SIAM's distributor, Cambridge University Press, at [www.cambridge.org/siam](http://www.cambridge.org/siam).

9/10\_3

ORDER ONLINE:  
**WWW.SIAM.ORG/CATALOG**

# MODELLPRÄDIKTIVE REGELUNG – EINE REGELUNGSMETHODE IM GRENZBEREICH VON NUMERIK, OPTIMIERUNG UND SYSTEMTHEORIE

VON LARS GRÜNE

Numerische Simulationen auf Basis mathematischer Modelle unterstützen seit vielen Jahrzehnten Entwicklungs- und Entwurfprozesse in allen Bereichen der Ingenieurwissenschaften. Das dynamische Verhalten vieler Systeme kann durch gewöhnliche oder partielle Differentialgleichungen in vielen Anwendungen so genau beschrieben werden, dass numerische Simulationen, die auf diesen Modellen beruhen, die Anzahl teurer Experimente deutlich reduzieren können. In zunehmendem Maße werden solche Modelle dabei über die reine Simulation hinaus zur gezielten Optimierung technischer Prozesse eingesetzt. Die optimale Steuerung, die in ihrem Kern auf die Variationsrechnung des 17. Jahrhunderts zurück geht, bildet dabei ein wichtiges Teilgebiet, das durch die zunehmende Verfügbarkeit und Verbesserung numerischer Algorithmen ebenso wie durch die Weiterentwicklung der Optimierungstheorie wie z.B. im Bereich der partiellen Differentialgleichungen einen rasanten Fortschritt erfahren hat und immer noch erfährt. Mathematische Modelle, die ein dynamisches Verhalten beschreiben, bilden ebenfalls seit vielen Jahrzehnten die Grundlage für regelungstechnische Methoden, mit denen das Systemverhalten nach gewünschten Vorgaben gezielt beeinflusst werden kann. Es war daher zu erwarten, dass simulationsbasierte Optimierungsansätze früher oder später ihren Weg in die regelungstechnische Anwendung finden mussten. Die Methode der Modellprädiktiven Regelung ist eines der erfolgreichsten Beispiele dafür. In ihren Grundzügen bereits in den 1960er Jahren beschrieben, hat sie sich im ausgehenden 20. Jahrhundert in vielen technischen Anwendungsbereichen – allen voran in der Verfahrenstechnik – fest etabliert [3]. Während die meisten existierenden Anwendungen dabei lineare Modelle verwenden, bildet die auf nichtlinearen Modellen basierende nichtlineare Modellprädiktive Regelung seit einigen Jahren den Schwerpunkt der aktuellen Forschung. Das vollständige mathematische Verständnis der Funktionsprinzipien, die Entwicklung immer schnellerer und zuverlässigerer Algorithmen und die Erweiterung auf immer vielseitigere Problemstellungen stehen dabei im Fokus.

## Steuerung vs. Regelung

Will man den Zustand eines dynamischen Systems von außen beeinflussen und hat man dazu ein hinreichend genaues mathematisches Modell des Systems zur Verfü-

gung, gibt es im Wesentlichen zwei verschiedene Ansätze. Betrachten wir hier beispielhaft das Problem, den Zustand  $x(t)$  des Systems in einen Sollwert  $x^*$  zu überführen und ihn dort zu halten – ein typisches Stabilisierungsproblem.

Der erste Ansatz besteht darin, abhängig vom Anfangszustand  $x(0)$  eine Steuerfunktion  $u(t)$  für alle  $t$  aus einem Intervall  $[0, T]$  oder auch für alle  $t > 0$  zu berechnen, die das Problem löst. Hierzu gibt es viele verschiedene mathematische Ansätze. Eine klassische Methode ist die optimale Steuerung, bei der neben der eigentlichen Überführung auch weitere quantitative Anforderungen formuliert werden können – z.B., dass das Erreichen des Sollwertes in minimaler Zeit oder mit minimaler Energie erfolgen soll. Das Erreichen des Sollwertes kann dabei direkt über eine Nebenbedingung in die Optimierung einbezogen werden oder indirekt erreicht werden, indem man z.B. den Abstand zum Sollwert minimiert. Die zum Zeitpunkt  $t=0$  berechnete Kontrollfunktion  $u(t)$  gibt dann für jeden zukünftigen Zeitpunkt aus dem gewählten Intervall an, wie das System gesteuert werden soll. In der Regelungstechnik wird dieser Ansatz als Steuerung bezeichnet, schematisch ist er in Abbildung 1 dargestellt. Wird die Steuerfunktion für einen sehr langen Zeitraum im Voraus berechnet, kann hier ein wesentliches Problem auftreten: durch Ungenauigkeiten im mathematischen Modell oder durch Störungen, die von außen auf das System wirken, entspricht das tatsächliche Verhalten nicht dem in der Optimierung geplanten Verhalten. Ist die Systemdynamik instabil, können bereits kleinste, in der Praxis nie vermeidbare Ungenauigkeiten das vorhergesagte Verhalten komplett ändern.

In diesem Fall ist der zweite Ansatz – die sogenannte Regelung – der Steuerung überlegen: Bei der Regelung wird der Systemzustand  $x(t)$  fortlaufend gemessen und der Steuerwert  $u(t)$  über eine Funktion  $F$  aus dem gemessenen Zustand  $x(t)$  mittels  $u(t) = F(x(t))$  berechnet. Dadurch ergibt sich ein Regelkreis, der in Abbildung 2 schematisch dargestellt ist. Dies ist natürlich ein Idealbild – in der Praxis ist der Zustand vieler Systeme im Allgemeinen nicht direkt messbar sondern muss aus mittels Sensoren gemessenen Ausgangswerten rekonstruiert werden. Dieses Problem werden wir in der folgenden Darstellung der Einfachheit halber vernachlässigen. Desweiteren ist beim Einsatz der heute verbreitet eingesetzten digitalen Technik eine kontinuierliche Auswertung der Funktion  $F(x(t))$  nicht möglich. Die übliche

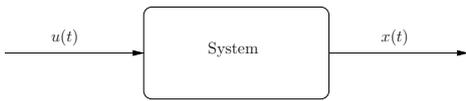


Abbildung 1: Schematische Darstellung einer Steuerung: die Steuerfunktion  $u(t)$  wird zum Zeitpunkt  $t=0$  für alle zukünftigen Zeiten vorausberechnet

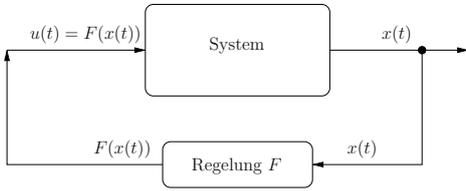


Abbildung 2: Schematische Darstellung einer Regelung: die Steuerfunktion  $u(t)$  wird zu jedem Zeitpunkt mittels der Funktion  $F$  aus dem aktuellen Zustand  $x(t)$  berechnet



Abbildung 4: Experiment zur Regelung von Fluggeräten zur Windenergieerzeugung. Quelle: [www.kuleuven.be/optec/research/projects/kitepower](http://www.kuleuven.be/optec/research/projects/kitepower)

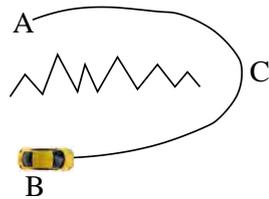


Abbildung 5: Ein Auto, das vom Anfangszustand B entlang der Straße in den Sollwert A gefahren werden soll

Lösung dieses Problems ist die sogenannte Abtastregelung, bei der  $F(x(t_k))$  nur zu diskreten Zeiten  $t_k$  – den Abtastzeiten – ausgewertet wird und der resultierende Kontrollwert im Zeitraum von  $t_k$  bis  $t_{k+1} = t_k + \delta$  (für eine kleine Zeitspanne  $\delta$ , die Abtastzeit) am System angewendet wird; zum Zeitpunkt  $t_{k+1}$  wird dann die nächste Auswertung durchgeführt. Eventuelle Verzögerungen, die durch die Auswertung von  $F$  entstehen, werden dabei entweder durch weitere Mechanismen kompensiert oder als vernachlässigbar klein (im Vergleich zu  $\delta$ ) angenommen. Das Prinzip der Regelung hat deswegen Vorteile gegenüber der Steuerung, weil durch das wiederholte Messen des Zustandes Abweichungen vom Modell erkannt und ausgeglichen werden können. Die Struktur des Regelkreises allein stellt aber natürlich noch nicht sicher, dass die Regelung funktioniert: wesentlich ist, dass die Funktion  $F$  geeignet gewählt wird. Hierfür gibt es ebenfalls eine Vielzahl verschiedener Techniken – wiederum ist die Optimierung eine davon. Unter geeigneten Regularitätsannahmen lässt sich z.B. beweisen, dass die Minimierung der (unendlichen) Summe der Abstände vom Sollwert  $x^*$  über alle zukünftigen Abtastzeiten eine Lösung in Form einer Feedback-Abbildung  $F$  besitzt, die das Stabilisierungsproblem löst. Im Vergleich zur Berechnung von optimalen

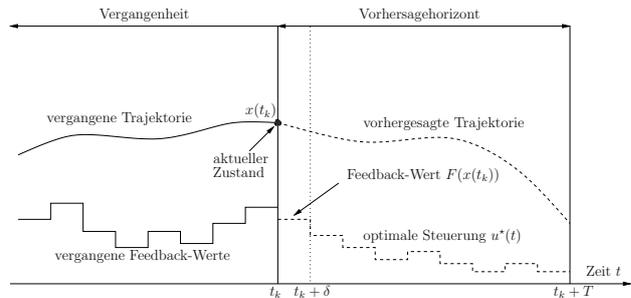


Abbildung 3: Schematische Darstellung des Prinzips der Modellprädiktiven Regelung

$$y_t(t, x) = \nu y_x x(t, x) + y_x(t, x) + \mu(y(t, x) - y(t, x)^3)$$

Abbildung 6: Die zu regelnde parabolische partielle Differentialgleichung

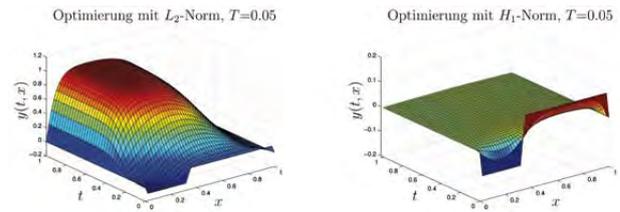


Abbildung 7: Lösungen der MPC-geregelten Gleichung aus Abbildung 6 mit verteilter Steuerung. Links wird der Abstand über die  $L_2$ -Norm minimiert, rechts über die  $H_1$ -Norm. Anfangszustand und Länge des Optimierungshorizontes  $T$  sind links und rechts identisch. Für die  $H_1$ -Norm wird das Regelziel  $y=0$  erreicht, für die  $L_2$ -Norm nicht.

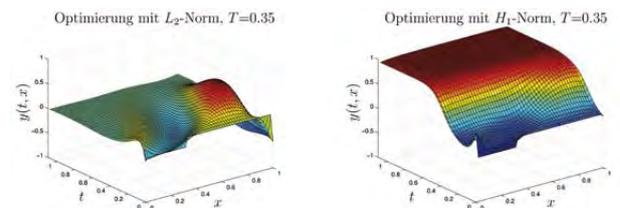


Abbildung 8: Lösungen der MPC-geregelten Gleichung aus Abbildung 6 mit Dirichlet-Randsteuerung. Links wird der Abstand über die  $L_2$ -Norm minimiert, rechts über die  $H_1$ -Norm. Anfangszustand und Länge des Optimierungshorizontes  $T$  sind links und rechts identisch. Im Gegensatz zu Abbildung 6 wird nun für die  $L_2$ -Norm das Regelziel  $y=0$  erreicht und für die  $H_1$ -Norm nicht.

Steuerfunktionen  $u(t)$  ist die Berechnung der Funktion  $F$  einer optimalen Regelung aber viel schwieriger. Analytisch lässt sich nur in Ausnahmefällen für sehr einfache Beispiele oder bei spezieller Problemstruktur eine Lösung finden. Numerisch sieht es nur unwesentlich besser aus: allein das Speichern der i.A. komplizierten zustandsabhängigen Funktion  $F$  ist für hochdimensionale nichtlineare Probleme

ein nichttriviales Problem. Im Gegensatz dazu stehen zur Berechnung einer zeitabhängigen optimalen Steuerung  $u(t)$  heutzutage leistungsfähige und schnelle Algorithmen zur Verfügung.

### Das Prinzip der Modellprädiktiven Regelung

Das Prinzip der Modellprädiktiven Regelung verbindet nun den algorithmischen Vorteil der Steuerung mit dem konzeptionellen Vorteil der Regelung: zu jedem Abtastzeitpunkt  $t_k$  wird der aktuelle Systemzustand gemessen, auf dem Vorhersagehorizont  $[t_k, t_k+T]$  wird davon ausgehend eine optimale Steuerung  $u^*(t)$  basierend auf den aus dem gegebenen mathematischen Modell vorhergesagten Trajektorien berechnet. Das Optimierungskriterium wird dabei im Fall der Regelung zu einem Sollwert  $x^*$  typischerweise als Minimierung der Summe oder des Integrals der Abstände der vorhergesagten Trajektorie von  $x^*$  gewählt; zusätzlich wird üblicherweise der Kontrollaufwand einbezogen. Der einfacheren Darstellung wegen wählen wir die Steuerungen, über die dabei optimiert wird, als stückweise konstant auf Intervallen der Länge  $\delta$ . Der erste Wert dieser Steuerfunktion  $u^*$ , also der Wert auf dem Intervall  $[t_k, t_k+\delta]$  wird dann als Feedback-Wert  $F(x(t_k))$  gewählt und am System angewendet; der Rest der Steuerung wird verworfen. Dieses Verfahren wird dann zu allen nachfolgenden Abtastzeitpunkten wiederholt, wie in Abbildung 3 schematisch dargestellt.

Die Modellprädiktive Regelung – im Folgenden mit der üblichen Abkürzung MPC (von engl. Model Predictive Control) bezeichnet – ist eine der erfolgreichsten modernen Regelungsmethoden. Bereits für lineare Systemmodelle besitzt sie gegenüber alternativen Methoden den Vorteil, dass Beschränkungen an den Kontrollwert  $u$  ebenso wie an die Werte der resultierenden Trajektorie  $x(t)$  direkt berücksichtigt werden können, da diese eins-zu-eins an das zu lösende Optimalsteuerungsproblem „weitergereicht“ werden können. Darüberhinaus erlaubt die Methode den Einsatz beliebiger nichtlinearer Modelle, wenngleich der Rechenaufwand dabei natürlich nicht unwesentlich steigt, weil in diesem Fall in jedem Zeitschritt ein nichtlineares Optimierungsproblem gelöst werden muss. Der Rechenaufwand der Methode stellt daher auch die wesentliche Einschränkung der Einsatzmöglichkeiten dar. Der Prozess muss zum einen hinreichend langsam ablaufen, damit zwischen zwei Abtastzeiten genügend Zeit für die Optimierung bleibt. Zum anderen muss genügend Rechenleistung zur Verfügung stehen, um die Optimierungsalgorithmen überhaupt ablaufen lassen zu können, was aus Platz-, Energie- oder Kostengründen oft nicht gegeben ist. In vielen Anwendungen der Verfahrenstechnik sind diese Voraussetzungen aber erfüllt, weswegen dies auch bis heute das Haupteinsatzgebiet der Modellprädiktiven Regelung ist. Durch den stetigen Fortschritt bei effizienten Algorithmen und geeigneter Hardware kann man aber erwarten, dass sich das Anwendungsspektrum in den nächsten Jahren kontinuierlich erweitern wird. In der akademischen Forschung werden bereits heute Anwendungen von der Motorregelung im Automobilbereich über die Robotik bis zur Erzeugung von Windenergie untersucht [6]. Im letzteren Bereich werden dabei neben der Regelung konventioneller

Windräder auch neue Konzepte untersucht, wie z.B. die Erzeugung von Windenergie mit Flugdrachen [8], für die bereits erste Experimente mit vereinfachten Modellen durchgeführt wurden, vgl. Abbildung 4. Hierbei wird insbesondere ausgenutzt, dass MPC nicht nur einzelne Punkte  $x^*$  sondern auch komplizierte Orbits stabilisieren kann. Eine ausführliche Darstellung dieses Projektes findet sich unter [www.kuleuven.be/optec/research/projects/kitepower](http://www.kuleuven.be/optec/research/projects/kitepower).

### Interdisziplinäre Fragestellungen

Betrachtet man das oben beschriebene und in Abbildung 3 skizzierte MPC-Verfahren, so stellen sich zwei wesentliche Fragen:

- Wie kann die Stabilität des mit MPC geregelten Systems garantiert werden?
- Wie können die Optimalsteuerungsprobleme auf dem Vorhersagehorizont schnell und zuverlässig numerisch gelöst werden?

Die Beantwortung dieser Fragen benötigt Techniken aus verschiedenen mathematischen Gebieten: die erste Frage liegt in der mathematischen Systemtheorie, während die zweite Frage Methoden aus Optimierung und Numerik benötigt. Für eine wirklich effiziente Lösung des Problems ist die vollständig getrennte Bearbeitung der Fragen dabei gar nicht sinnvoll. Zwar kann man die Optimierungsalgorithmen bei der Beantwortung der ersten Frage als „Black Box“ behandeln. Wenn man aber zur Beschleunigung der Methode z.B. iterative Optimierungsalgorithmen mit unvollständiger Iteration verwendet oder wenn man nur eine lokal optimale Lösung der Optimalsteuerungsprobleme erhält (was für nichtlineare und nichtkonvexe Probleme der Regelfall ist), kann man nur mit einer kombinierten Betrachtung der beiden Fragen noch sinnvolle Aussagen über das Verhalten des geregelten Systems erzielen, siehe z.B. [2].

Während die Notwendigkeit effizienter numerischer Optimierungsalgorithmen sofort einleuchtet, sind die mit der Stabilitätsanalyse verbundenen mathematischen Probleme nicht ganz so offensichtlich und sollen daher abschließend kurz diskutiert werden. Unter „Stabilität“ wollen wir dabei der Einfachheit halber die Tatsache verstehen, dass der Regelalgorithmus sein Ziel erfüllt, dass der Systemzustand also in den Sollwert geregelt wird. Intuitiv erscheint es plausibel, dass man durch Minimierung des Abstandes vom Sollwert eine in diesem Sinne stabile Regelstrategie erhält. Dass das aber durchaus schiefgehen kann, wollen wir an einem kleinen Beispiel veranschaulichen, vgl. Abbildung 5. In dieser Abbildung soll die Position des Autos (Systemzustand, zu Beginn im Ort B) in den Ort A (Sollwert) gebracht werden, wobei die Geschwindigkeitsbeschränkungen auf der Straße eingehalten werden sollen. Da ein Gebirge im Weg ist, führt die Straße allerdings nicht auf direktem Weg von A nach B, sondern auf einem Umweg über den Ort C. Nimmt man als Optimierungskriterium nun den Luftlinien-Abstand des Autos von Punkt A, so muss man diesen Abstand auf dem Weg der Straße von B nach A zunächst vergrößern, um ihn letztendlich verringern zu können. Eine MPC-Strategie, deren Vorhersagehorizont z.B. nur bis zum Punkt C in der Kurve reicht, wird dies nicht erkennen, denn jede Bewegung des Autos im Rahmen dieses Horizonts würde den Abstand ja nur vergrößern, weswegen es optimal ist, einfach im

Punkt B stehen zu bleiben. Die geregelte Lösung wird für alle Zeiten im Punkt B verharren und nie im Punkt A ankommen: der Regelalgorithmus ist nicht stabil.

Dieses Problem ist natürlich seit langer Zeit bekannt und es wurden verschiedene Möglichkeiten zur Abhilfe vorgeschlagen. Ein in der Literatur oft betrachteter Ansatz ist es, in der Optimierung nur solche Lösungen zu berücksichtigen, die zum Endzeitpunkt  $t_k+T$  im gewünschten Sollwert enden oder zumindest in einer Umgebung davon. Diese Methode funktioniert theoretisch (was mathematisch rigoros bewiesen wurde [10, Section 2.4]) und wird in der Praxis auch gelegentlich eingesetzt, besitzt aber den Nachteil, dass man eine weitere Beschränkung zu dem zu lösenden Optimierungsproblem hinzufügt und erfordert zudem i.A. eine sehr große Horizontlänge  $T$  um sicherzustellen, dass es unter den gegebenen Beschränkungen (also z.B. den Geschwindigkeitsbeschränkungen in unserem Straßenbeispiel) überhaupt möglich ist, im Sollwert anzukommen. Beides kann die Lösung des Optimierungsproblems deutlich erschweren. Während diese Methode in der Mehrheit der theoretischen Arbeiten in der MPC-Literatur betrachtet wird, wird in der Praxis zumeist eine einfachere Lösung verwendet: Die Horizontlänge  $T$  wird einfach so lange erhöht, bis das geregelte System stabil wird. Interessanterweise wurde für nichtlineare MPC-Methoden unter relativ allgemeinen Voraussetzungen erst vor kurzem mathematisch rigoros nachgewiesen, dass dies auch wirklich funktioniert [4,9]. Nachteil dieser Methode ist, dass im vorhinein i.A. nicht klar ist, wie groß  $T$  denn nun gewählt werden muss – und je größer  $T$  ist, desto mehr Zeit benötigt die Lösung des Optimierungsproblems, die ja online während der Laufzeit des Systems durchgeführt werden muss. Ein Ansatz in der aktuellen Forschung versucht daher, die benötigte Horizontlänge  $T$  aus den Systemeigenschaften abzuschätzen und dabei insbesondere zu ermitteln, wie das Optimalitätskriterium gewählt werden muss, damit man mit möglichst kleinem  $T$  Stabilität erhält (siehe z.B. [1,5]; eine zusammenfassende Darstellung ist derzeit in Arbeit und wird in der Monographie [7] erscheinen). Für unser Straßenbeispiel liefert dieser Ansatz eine ebenso natürliche wie effiziente Lösung: Misst man den Abstand vom Ort A nicht über die Luftlinie, sondern über die Straßenlänge, so ist es bei beliebig kleinem  $T$  immer besser, sich auf A zubewegen, da der Abstand in jedem Fall verringert wird. Wird über diesen Abstand optimiert, so ist das Verfahren daher für beliebige Horizontlänge  $T > 0$  stabil.

Diese Analyse lässt sich auch für kompliziertere Systeme durchführen, z.B. für die eindimensionale parabolische

partielle Differentialgleichung aus Abbildung 6 mit Lösung  $y(t,x)$  und  $x$  aus dem Intervall  $[0,1]$ . Sie liefert für diese Gleichung ein durchaus überraschendes Ergebnis (vgl. [1]): verwendet man hier eine verteilte Steuerung – d.h. wir addieren eine Steuerfunktion  $u(t,x)$  auf der rechten Seite der Gleichung – und Dirichlet-Randbedingungen  $y(t,0)=y(t,1)=0$ , so liefert die Minimierung des Abstandes in der  $H_1$ -Norm Stabilität der Nulllösung bei deutlich kürzeren Horizontlängen  $T$  im Vergleich zur  $L_2$ -Norm. Dies wird durch die numerischen Resultate in Abbildung 7 bestätigt. Geht die Kontrolle hingegen mittels  $y(t,0)=u_0(t)$  und  $y(t,1)=u_1(t)$  in die Dirichlet-Randbedingungen und nicht verteilt in die Gleichung selbst ein, so liefert die  $L_2$ -Norm das bessere Verhalten, was wiederum durch numerische Simulationen bestätigt wird, siehe Abbildung 8. Man sieht: die Wahl des zu minimierenden Abstandes beeinflusst die Qualität der Regelung erheblich.

## Literatur

- [1] N. Altmüller, L. Grüne und K. Worthmann. Performance of NMPC schemes without stabilizing terminal constraints. In: M. Diehl, F. Glineur, E. Jarlebring und W. Michiels, Hrsg. Recent Trends in Optimization and its Applications in Engineering, Springer-Verlag, Berlin, erscheint 2010
- [2] M. Diehl, R. Findeisen, F. Allgöwer, H.G. Bock und J.P. Schlöder. Nominal stability of the real-time iteration scheme for nonlinear model predictive control. IEE Proceedings – Control Theory and Applications 152(2005), 296-308
- [3] R. Dittmar und B.-M. Pfeiffer. Modellbasierte prädiktive Regelung in der industriellen Praxis. at – Automatisierungstechnik 54(2006), 590-601
- [4] G. Grimm, M.J. Messina, S.E. Tuna und A.R. Teel. Model predictive control: for want of a local control Lyapunov function, all is not lost. IEEE Transactions on Automatic Control 50(2005), 546-558
- [5] L. Grüne. Analysis and design of unconstrained nonlinear MPC schemes for finite and infinite dimensional systems. SIAM Journal on Control and Optimization 48(2009), 1206-1228
- [6] L. Grüne, S. Sager, F. Allgöwer, H.G. Bock und M. Diehl. Vorausschauend planen, gezielt handeln – über die Regelung und Steuerung technischer Prozesse. In: M. Grötschel, K. Lucas und V. Mehrmann, Hrsg. Produktionsfaktor Mathematik, Springer-Verlag, Berlin, 2009, 27-62
- [7] L. Grüne und J. Pannek. Nonlinear Model Predictive Control – Theory and Algorithms, Springer-Verlag, London, erscheint 2011
- [8] A. Ilzhöfer, B. Houska und M. Diehl. Nonlinear MPC of kites under varying wind conditions for a new class of large-scale wind power generators. International Journal of Robust and Nonlinear Control 17(2007), 1590-1599
- [9] A. Jadbabaie und J. Hauser. On the stability of receding horizon control with a general terminal cost. IEEE Transactions on Automatic Control 50(2005), 674-678
- [10] J.B. Rawlings und D.Q. Mayne. Model Predictive Control: Theory and Design, Nob Hill Publishing, Madison, 2009



**Lars Grüne** ist Professor für Angewandte Mathematik und Leiter des Lehrstuhls für Angewandte Mathematik an der Universität Bayreuth. Er studierte Mathematik mit Nebenfach Informatik an der Universität Augsburg von 1988 bis 1994 und wurde im Jahre 1996 ebenfalls an der Universität Augsburg promoviert. Von 1997 bis 2002 war er wissenschaftlicher Assistent an der J.W. Goethe Universität in Frankfurt am Main, wo er sich 2001 habilitierte. 2002 wechselte er an die Universität Bayreuth. Lars Grüne hatte diverse Forschungsaufenthalte im Ausland, darunter eine Gastprofessur an der Universität Paris IX – Dauphine im Jahre 2004, Aufenthalte an den Universitäten in Melbourne und Padua sowie von 1998 bis 1999 einen einjährigen Aufenthalt an der Universität La Sapienza in Rom. Lars Grüne ist Editor in Chief der Zeitschrift Mathematics of Control, Signals and Systems (MCSS) und Associate Editor der Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik (ZAMM). Er ist Mitglied des Steering Committee des International Symposium on Mathematical Theory of Networks and Systems (MTNS) sowie des GAMM-Fachausschusses „Dynamik und Regelungstheorie“ und wurde 2009 in den Vorstand der GAMM gewählt. Seine Forschungsinteressen liegen in der Mathematischen System- und Kontrolltheorie, Schwerpunkte sind dabei numerische und optimierungsbasierte Methoden für nichtlineare Systeme sowie die Stabilitätstheorie nichtlinearer Systeme.

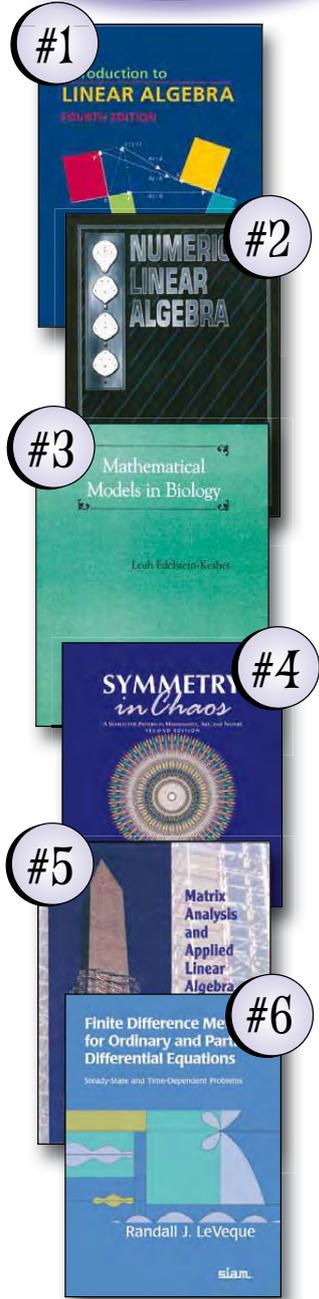
# Top Selling Titles from the Society for Industrial and Applied Mathematics\*

## siam Bestsellers

ORDER DIRECT at [www.siam.org/catalog](http://www.siam.org/catalog)

1. **Introduction to Linear Algebra, Fourth Edition**  
Gilbert Strang  
2009 · x + 574 pages · Hardcover · 978-0-980232-71-4  
List \$87.50 · RUNDBRIEF Readers \$61.25 · WC09
2. **Numerical Linear Algebra**  
Lloyd N. Trefethen and David Bau III  
1997 · xii + 361 pages · Softcover · 978-0-898713-61-9  
List \$61.00 · RUNDBRIEF Readers \$42.70 · OT50
3. **Mathematical Models in Biology**  
Leah Edelstein-Keshet  
2005 · xliii + 586 pages · Softcover · 978-0-89871-554-5  
List \$58.00 · RUNDBRIEF Readers \$40.60 · CL46
4. **Symmetry in Chaos: A Search for Pattern in Mathematics, Art, and Nature, Second Edition**  
Michael Field and Martin Golubitsky  
2009 · xiv + 199 pages · Hardcover · 978-0-898716-72-6  
List \$59.00 · RUNDBRIEF Readers \$41.30 · OT111
5. **Matrix Analysis and Applied Linear Algebra**  
Carl D. Meyer  
2000 · xii + 718 pages · Hardcover · 978-0-898714-54-8  
List \$97.00 · RUNDBRIEF Readers \$67.90 · OT71
6. **Finite Difference Methods for Ordinary and Partial Differential Equations: Steady-State and Time-Dependent Problems**  
Randall J. LeVeque  
2007 · xvi + 341 pages · Softcover · 978-0-898716-29-0  
List \$63.00 · RUNDBRIEF Readers \$44.10 · OT98
7. **MATLAB Guide, Second Edition**  
Desmond J. Higham and Nicholas J. Higham  
2005 · xxiv + 382 pages · Hardcover · 978-0-898715-78-1  
List \$50.00 · RUNDBRIEF Readers \$35.00 · OT92
8. **Linear and Nonlinear Optimization, Second Edition**  
Igor Griva, Stephen G. Nash, and Ariela Sofer  
2008 · xxii + 742 pages · Hardcover · 978-0-898716-61-0  
List \$95.00 · RUNDBRIEF Readers \$66.50 · OT108
9. **Learning MATLAB**  
Tobin A. Driscoll  
2009 · xiv + 97 pages · Softcover · 978-0-898716-83-2  
List \$28.00 · RUNDBRIEF Readers \$19.60 · OT115
10. **Scientific Computing with Case Studies**  
Dianne P. O'Leary  
2008 · xvi + 383 pages · Softcover · 978-0-898716-66-5  
List \$92.00 · RUNDBRIEF Readers \$64.40 · OT109
11. **Parallel MATLAB for Multicore and Multinode Computers**  
Jeremy Kepner  
2009 · xxvi + 253 pages · Hardcover · 978-0-898716-73-3  
List \$65.00 · RUNDBRIEF Readers \$45.50 · SE21
12. **Numerical Computing with MATLAB**  
Cleve B. Moler  
2004 · xii + 336 pages · Softcover · 978-0-898716-60-3  
List \$49.50 · RUNDBRIEF Readers \$34.65 · OT87
13. **Computational Science and Engineering**  
Gilbert Strang  
2007 · xii + 713 pages · Hardcover · 978-0-961408-81-7  
List \$90.00 · RUNDBRIEF Readers \$63.00 · WC07
14. **Introduction to Derivative-Free Optimization**  
Andrew R. Conn, Katya Scheinberg, and Luis N. Vicente  
2009 · xii + 277 pages · Softcover · 978-0-898716-68-9  
List \$73.00 · RUNDBRIEF Readers \$51.10 · MP08

30% Off List Price for GAMM Members!



15. **Iterative Methods for Sparse Linear Systems, Second Edition**  
Yousef Saad  
2003 · xviii + 528 pages · Softcover · 978-0-898715-34-7  
List \$107.00 · RUNDBRIEF Readers \$74.90 · OT82
16. **Handbook of Writing for the Mathematical Sciences, Second Edition**  
Nicholas J. Higham  
1998 · xvi + 302 pages · Softcover · 978-0-898714-20-3  
List \$56.00 · RUNDBRIEF Readers \$39.20 · OT63
17. **(tie) Direct Methods for Sparse Linear Systems**  
Timothy A. Davis  
2006 · xii + 217 pages · Softcover · 978-0-898716-13-9  
List \$68.00 · RUNDBRIEF Readers \$47.60 · FA02
17. **(tie) Elementary Calculus of Financial Mathematics**  
A. J. Roberts  
2008 · xii + 128 pages · Softcover · 978-0-898716-67-2  
List \$59.00 · RUNDBRIEF Readers \$41.30 · MM15
18. **Insight Through Computing: A MATLAB Introduction to Computational Science and Engineering**  
Charles F. Van Loan and K.-Y. Daisy Fan  
2009 · xviii + 434 pages · Softcover · 978-0-898716-91-7  
List \$59.00 · RUNDBRIEF Readers \$41.30 · OT117
19. **Linear Programming with MATLAB**  
Michael C. Ferris, Olvi L. Mangasarian, and Stephen J. Wright  
2007 · xii + 266 pages · Softcover · 978-0-898716-43-6  
List \$45.00 · RUNDBRIEF Readers \$31.50 · MP07
20. **Functions of Matrices: Theory and Computation**  
Nicholas J. Higham  
2008 · xx + 425 pages · Hardcover · 978-0-898716-46-7  
List \$59.00 · RUNDBRIEF Readers \$41.30 · OT104
21. **Elementary Calculus of Financial Mathematics**  
A. J. Roberts  
2009 · xii + 128 pages · Softcover 978-0-898716-67-2  
List \$59.00 · RUNDBRIEF Readers \$41.30 · MM15
22. **Learning LATEX**  
David F. Griffiths and Desmond J Higham  
1997 · x + 84 pages · Softcover · 978-0-898713-83-1  
List \$31.00 · RUNDBRIEF Readers \$21.70 · OT55
23. **Numerical Matrix Analysis: Linear Systems and Least Squares**  
Ilse C. F. Ipsen  
2009 · xiv + 128 pages · Softcover · 978-0-898716-76-4  
List \$59.00 · RUNDBRIEF Readers \$41.30 · OT113
24. **Assignment Problems**  
Rainer Burkard, Mauro Dell'Amico, and Silvano Martello  
2009 · xx + 382 pages · Hardcover · 978-0-898716-63-4  
List \$110.00 · RUNDBRIEF Readers \$77.00 · OT106
25. **Differential Dynamical Systems**  
James D. Meiss  
2007 · xxii + 412 pages · Softcover · 978-0-898716-35-1  
List \$79.00 · RUNDBRIEF Readers \$55.30 · MM14

To purchase SIAM books, contact SIAM Customer Service at SIAM, 3600 Market Street, 6th Floor, Philadelphia, PA 19104-2688 · phone +1-215-382-9800 · fax +1-215-386-7999 · e-mail [siambooks@siam.org](mailto:siambooks@siam.org) · Customers outside North America can order through Cambridge University Press at [www.cambridge.org/siam](http://www.cambridge.org/siam).  
For more information on selling SIAM books, contact Bruce Bailey at [bailey@siam.org](mailto:bailey@siam.org).  
For general information, go to [www.siam.org](http://www.siam.org).

Sales are from all sources: online and direct sales from SIAM; sales by other online retailers; sales at conferences and meetings; and sales via SIAM's distribution partners.

9/10\_4

**Dr. Timo Betcke** studierte bis 2002 Informatikingenieurwesen an der TU Hamburg-Harburg. Nach seinem Studium wurde er Doktorand in der Numerical Analysis Group an der University of Oxford. Er schloss seine Promotion 2005 ab und wurde dann wissenschaftlicher Mitarbeiter an der TU Braunschweig. Ende 2006 wechselte er auf eine Postdoc Stelle an der University of Manchester, wo er bis Anfang 2009 blieb. Seit März 2009 ist Dr. Betcke an der University of Reading im Department of Mathematics angestellt. 2007 gewann er den zweiten Preis in der Leslie Fox Prize Competition in Numerischer Analysis und seit Oktober 2009 hält er eine EPSRC Career Acceleration Fellowship, um eine eigene Nachwuchsgruppe aufzubauen. Seine Forschungsinteressen beinhalten Wissenschaftliches Rechnen, Numerische Analysis von Wellenproblemen, Eigenwertprobleme und Numerische Lineare Algebra.

Mein Interesse an mathematischen Fragestellungen begann während meines Studiums des Informatikingenieurwesens an der TU Hamburg-Harburg. In meiner Diplomarbeit untersuchte ich nichtlineare Eigenwertaufgaben unter der Betreuung von Prof. Heinrich Voss. Für mein Diplom erhielt ich den Diplompriis der TU Hamburg-Harburg.

Danach erhielt ich ein Promotionsstipendium in der Numerical Analysis Group an der University of Oxford unter der Betreuung von Prof. Nick Trefethen. Zusammen untersuchten wir exponentiell konvergierende Algorithmen zur Lösung von Laplace Eigenwertaufgaben auf planaren Gebieten, wobei uns insbesondere Ansätze auf Basis der „Method of Particular Solutions“ interessierten. Die Arbeit an dem Problem führte zu mehreren Publikationen, unter anderem in SIAM Review [6] und einem Artikel im IMA Journal of Numerical Analysis, für den ich den zweiten Preis in der internationalen Fox-Prize Competition in Numerical Analysis 2007 gewann [3].

Im Oktober 2005 nahm ich dann eine Stelle als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der TU Braunschweig im Institut Computational Mathematics unter der Leitung von Prof. Heike Fassbender an. In meiner Zeit in Braunschweig arbeitete ich weiterhin an planaren Eigenwertproblemen, insbesondere in Kollaboration mit Alex Barnett (Dartmouth). Eine Fragestellung war die schnelle und genaue Berechnung von tausenden Eigenmoden des Laplace Operators auf dem sogenannten „Mushroom Billiard“ (siehe Bild 1), ein Problem, welches in der Quantum Chaos Forschung eine wichtige Rolle spielt [2].

Im Oktober 2006 wechselte ich dann zusammen mit meiner Frau nach Manchester. Dort arbeitete ich auf einer Projektstelle unter der Leitung von Prof. Nick Higham an stabilen Methoden zur Lösung von polynomiellen Eigenwertproblemen. Ein weit verbreitetes Verfahren ist die Umwandlung in ein höher dimensionales

verallgemeinertes Eigenwertproblem, welches dann mit Standardmethoden gelöst wird. Dies ist zum Beispiel in der Matlab Routine „polyeig“ implementiert. Leider ist dieses Verfahren im Allgemeinen nicht rückwärtsstabil und ich untersuchte Techniken wie zum Beispiel Skalierungsverfahren und iteratives Refinement, um die Genauigkeit der Lösung zu erhöhen [4,5].

Neben meiner Arbeit an der linearen Algebra als Teil des Projektes entwickelte ich aber auch ausgehend von meiner Promotionsarbeit ein Interesse an der Lösung von Helmholtzproblemen in Innen- und Außenraumgebieten für hohe Wellenzahlen [1] (siehe auch Bild 2). Standard polynomielle finite Elemente Verfahren sind problematisch für diese Aufgabenstellung. Zum einen benötigt man mehrere Elemente pro Wellenlänge (eine Daumenregel sind mindestens 10 Elemente pro Wellenlänge für stückweise lineare Basisfunktionen), zum anderen leidet FEM für Helmholtzprobleme unter Dispersionsfehlern, was dazu führt, dass für hochfrequente Probleme noch feinere Diskretisierungen oder höhere Polynomgrade

benutzt werden müssen. Eine Alternative sind Basisfunktionen, die bereits die Helmholtzgleichung erfüllen, wie z.B. in der Partition of Unity FEM oder in der Ultra-Weak-Variational Formulation (UWVF). Um unabhängig auf diesem Gebiet forschen zu können, bewarb ich mich beim Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC) um eine fünfjährige Career Acceleration Fellowship. Dies entspricht ungefähr einer Nachwuchsgruppenleitung in Deutschland und gab mir 2 Doktorandenstellen plus eine Postdocstelle. Die Fellowship führe ich an der University of Reading durch. Im Moment arbeite ich mit meinem Postdoc Joel Phillips an effizienten Implementierungen von sogenannten Plane-Wave Discontinuous Galerkin Verfahren, welche die Benutzung von speziellen Basisfunktionen für Helmholtzprobleme mit Standard DG Formulierungen

## STECKBRIEF



für elliptische Probleme verbinden. Ziel ist es, diese Ansätze für Helmholtzprobleme mit variablen Materialparametern zu erweitern. Solche Probleme treten zum Beispiel im „Seismic Imaging“ auf. In Zusammenarbeit mit Ralf Hiptmair von der ETH Zürich untersuchen wir auch Adaptivität bei diesen Verfahren. Die Idee besteht darin, dominante Wellenrichtungen zu identifizieren und dann die Basis mit entsprechenden Funktionen zu verfeinern, welche diese dominanten Wellenrichtungen approximieren. Ein weiteres offenes Problem sind effektive iterative Löser und Prädiktionierer für diese

nichtpolynomiellen DG Formulierungen, da die entsprechenden Matrixprobleme oft schlecht konditioniert sind. Zu Anwendungen im „Seismic Imaging“ und hier insbesondere im Bereich Hydrocarbon Exploration, kollaboriere ich mit Schlumberger Cambridge Research. Zusätzlich zu mathematischen Fragestellungen bin ich auch sehr an effizienten Implementierungen von Verfahren auf neuen Rechnerarchitekturen interessiert. So arbeite ich an der Umsetzung dieser Methoden auf GPU Architekturen und werde dabei vom Academic Partnership Program von NVIDIA gefördert.

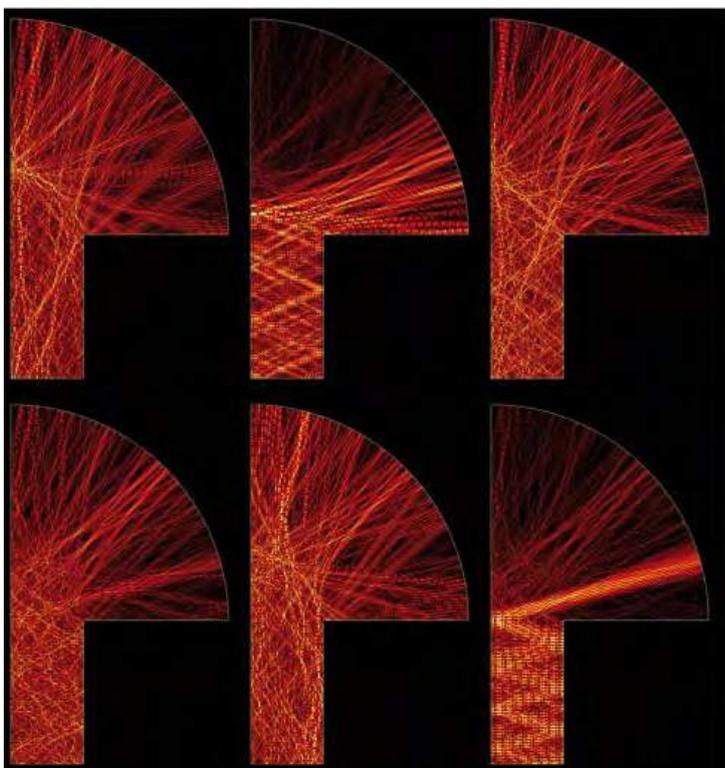


Bild 1: Chaotische Eigenmoden auf dem Mushroom Billiard [3].

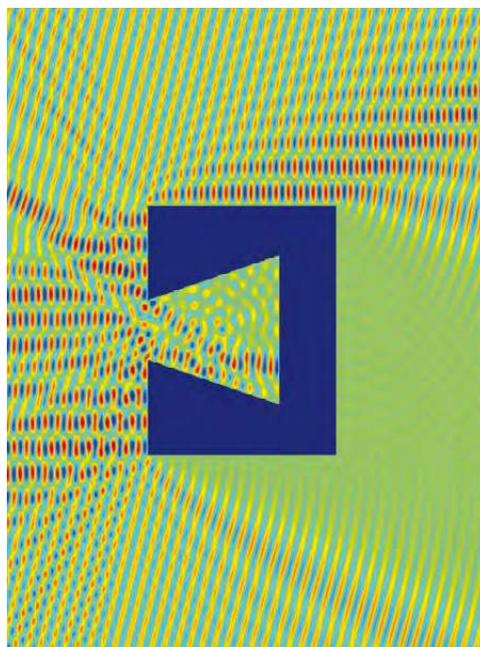


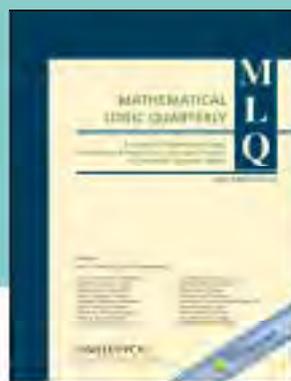
Bild 2: Lösung eines Helmholtz Problems im Aussenraum einer Cavity [1].

## Literatur

- [1] A.H. Barnett, T. Betcke, "An exponentially convergent nonpolynomial finite element method for time-harmonic scattering from polygons," *SIAM J. Sci. Comp.* 32 (2010): 1417--1441.
- [2] A.H. Barnett, T. Betcke, "Quantum mushroom billiards." *Chaos* 17 (2007): 043125.
- [3] T. Betcke, "A GSVD formulation of a domain decomposition method for planar eigenvalue problems." *IMA J. Numer. Anal.* 27 (2007): 451--478.
- [4] T. Betcke, "Optimal scaling of generalized and polynomial eigenvalue problems." *SIAM J. Matrix Anal. Appl.* 30 (2008): 1320--1338.
- [5] T. Betcke, D. Kressner, "Perturbation, extraction and refinement of invariant pairs for matrix polynomials." *Linear Algebra Appl.*, to appear.
- [6] T. Betcke, L.N. Trefethen, "Reviving the method of particular solutions." *SIAM Rev.* 47 (2005): 469--491.

## Kontakt

EPSRC Career Acceleration Fellow  
 University of Reading  
 Department of Mathematics  
 E-Mail: [t.betcke@reading.ac.uk](mailto:t.betcke@reading.ac.uk)  
 Homepage: [www.reading.ac.uk/~sp900945](http://www.reading.ac.uk/~sp900945)  
 Tel.: +44 (0) 118 378 4400  
 Fax: +44 (0) 118 931 3423



## Mathematical Logic Quarterly

A Journal for Mathematical Logic, Foundations of Mathematics, and Logical Aspects of Theoretical Computer Science

2010. Volume 56, 6 issues.  
Print ISSN 0942-5616  
Online ISSN 1521-3870

### Editor

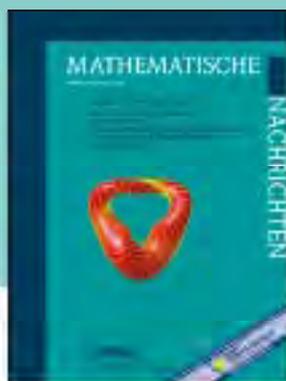
A. Hemmerling, Greifswald, GER

**Mathematical Logic Quarterly** publishes original contributions on mathematical logic and foundations of mathematics and related areas.

### Hot Papers

- On the correspondence between arithmetic theories and propositional proof systems – a survey (2009, 55, 116)
- Preservation theorems for Kripke models (2009, 55, 177)
- Fuzzy Galois connections on fuzzy posets (2009, 55, 105)
- On the category of hyper MV-algebras (2009, 55, 21)
- Determinacy of Wadge classes and subsystems of second order arithmetic (2009, 55, 154)

[www.mlq-journal.org](http://www.mlq-journal.org)



## Mathematische Nachrichten

Mathematical News

2010. Volume 283, 12 issues.  
Print ISSN 0025-584X  
Online ISSN 1522-2616

### Editor-in-Chief

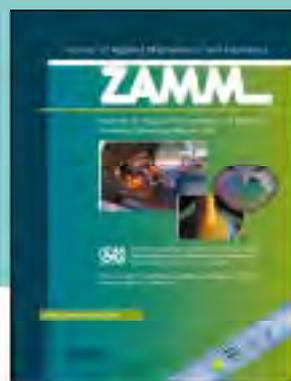
R. Mennicken, Regensburg, GER

**Mathematische Nachrichten** publishes original papers on new results and methods that hold prospect for substantial progress in mathematics and its applications.

### Erhard Schmidt Memorial Issues

Three issues of Volume 283 are dedicated to the memory of Erhard Schmidt, the founder of the journal, on his 50th obit. These issues, edited by A. Boettcher and R. Mennicken, contain an article by A. Pietsch on life and work of E. Schmidt and research papers by leading functional analysts, including D. Alpay, D. E. Edmunds, A. Hinrichs, F. Gesztesy, H. Lange, D. Lenz, M. Mathieu, G. Mastroianni, V. Maz'ya, B. Mityagin, A. Movchan, M. Schechter, P. Stollmann, H. Triebel.

[www.mn-journal.org](http://www.mn-journal.org)



## ZAMM

Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik/  
Journal of Applied Mathematics and Mechanics

2010. Volume 90, 12 issues.  
Print ISSN 0044-2267  
Online ISSN 1521-4001

### Editors-in-Chief

H. Altenbach, Halle, GER  
S. Odenbach, Dresden, GER  
G. Schneider, Stuttgart, GER  
C. Wieters, Karlsruhe, GER

**ZAMM** publishes original papers and surveys of the latest research results in the field of applied mathematics and mechanics.

### Special Issues

- Mechanics of Polymers: Experiments and Constitutive Modelling, guest-edited by A. Lion, Munich and M. Jöhitz, Saarbrücken
- Phase Transformations in Deformable Solids and Structures, guest-edited by V. Eremeyev, Rostov on Don
- In Honour of the 80th Birthday of Zenon Mroz, guest-edited by M. Basista, Warsaw and D. Gross, Darmstadt

[www.zamm-journal.org](http://www.zamm-journal.org)



## PAMM

Proceedings in Applied Mathematics and Mechanics

2010. Volume 10 (online only).  
Online ISSN 1617-7061



## GAMM – Mitteilungen

GAMM – Reports

2010. Volume 33, 2 issues.  
Print ISSN 0936-7195  
Online ISSN 1522-2608

### Editor

P. Steinmann, Erlangen, GER

**GAMM – Mitteilungen** is the official journal of the Association of Applied Mathematics and Mechanics.

### Special Issues

- Multifield Problems
- Optimisation with PDEs

### Hot Papers

- Dynamics of Patterns in Nonlinear Equivariant PDEs (2009, 32, 7)
- On the Approximation of Transport Phenomena – a Dynamical Systems Approach (2009, 32, 47)
- Nonlinearities in Financial Engineering (2009, 32, 121)
- Tethered satellite systems: A challenge for mechanics and applied mathematics (2009, 32, 105)

[www.gamm-mitteilungen.org](http://www.gamm-mitteilungen.org)

**PAMM** publishes the proceedings of the annual GAMM conferences.

### Coming In Volume 10:

The Proceedings of the 81st Annual Meeting of the International Association of Applied Mathematics and Mechanics (GAMM 2010), March 22-26, 2010, Karlsruhe, Germany

[www.gamm-proceedings.org](http://www.gamm-proceedings.org)

[www.interscience.wiley.com/mathjournals](http://www.interscience.wiley.com/mathjournals)

For subscription details please contact  
Wiley Customer Service:

WILEY-BLACKWELL

cs-journals@wiley.com (Americas, Europe, Middle East and Africa, Asia Pacific)  
service@wiley-vch.de (Germany/Austria/Switzerland)  
cs-japan@wiley.com (Japan)

# WELCOMING SPEECH

## PETER WRIGGERS

Ladies and Gentlemen, dear Colleagues, liebe GAMM Mitglieder

It is a pleasure for me to welcome you on behalf of the International Association for Applied Mathematics and Mechanics known in short GAMM to this opening ceremony. It is a custom that I have taken over from my predecessors to give the opening oration in German when the GAMM meeting takes place in Germany. Being here in Karlsruhe, I will switch to the German language.

Meine speziellen Grüße gehen an den Rektor des Karlsruhe Institute of Technology, Prof. Hippler, und an den Präsidenten der ICIAM Prof. Jeltsch der ja auch unser GAMM Vizepräsident ist.

Unsere Gesellschaft hat eine langjährige Kooperation mit der DGLR, der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt. Dies kommt in der gemeinsam organisierten Ludwig Prandtl Gedächtnisvorlesung zum Ausdruck. Ich begrüße den Präsidenten der DGLR, Prof. Müller-Wiesner, der im Anschluss an die Eröffnung unserer Tagung den diesjährigen Prandtl Vortragenden einführen wird.

Nicht vergessen möchte ich diejenigen, die die Last der Arbeit für diese Tagung getragen haben, Prof. Wieners und Prof. Schweizerhof und deren Team - wie auch weitere Kollegen aus Karlsruhe, die allesamt eine tolle Arbeit bei der Organisation geleistet haben. Ich denke dies ist einen kräftigen Applaus wert.

Meines Wissens nach ist dies die dritte GAMM Tagung in Karlsruhe. Die letzte Tagung fand in 1989 statt, davor in 1963 also ungefähr in einem zwanzigjährigen Rhythmus. Da die GAMM Tagung in der Regel im frühen Frühling stattfindet ist es natürlich angenehm - besonders nach diesem kalten Winter- in eine der wärmsten Städte Deutschlands zu kommen und die ersten Sonnenstrahlen genießen zu können.

Aus verschiedenen Anlässen möchte ich noch einmal auf ein Thema zurückkommen, dass sich mein Amtsvorgänger Rolf Jeltsch bereits in einer Eröffnungsrede bei der GAMM Tagung in Berlin im Jahre 2006 vorgenommen hatte. Es ging um die Bachelor/Masterreform.

Nachdem im letzten Jahr - bis auf ein paar Nachzügler - an den meisten Universitäten das Ausbildungssystem von dem bewährten Diplom auf Bachelor/Master umgestellt wurde begannen an vielen Universitäten die Proteste der Studierenden. Sicher nicht zu Unrecht, denn das neue System bedeutet eine große Umstellung für alle Beteiligten bezüglich der Lehre und der Prüfungen aber auch Unsicherheiten bei den Studierenden bezüglich ihrer beruflichen Zukunft. Wie oft bekam ich letztes Jahr Anrufe, ob man in meiner Fakultät für Maschinenbau in Hannover noch einen Diplomstudiengang hätte.

Mit den Umstellungen einhergehend beobachten wir alle einen erhöhten Leistungsdruck bei den Studierenden aber auch eine Umstellung in ihrem sozialen Verhalten. So kann ich mir heute z. B. für mündliche Prüfungen von 50 Studierenden einen einzigen Satz an Fragen überlegen, da diese nicht kommuniziert werden. Das war vor zehn Jahren noch undenkbar. Ich glaube zwar nicht, dass dies direkt der Bachelor/Master Umstellung zuzuordnen ist, aber es zeigt, wie hart der Wettbewerb geworden ist.

Eigentlich schien das Thema ja erledigt zu sein, aber jetzt werden Umstellungen, Stoffreduzierungen und weitere Reformen der Reform von vielen Seiten gefordert und werden mit großer Wahrscheinlichkeit bei den Akkreditierungen der Studiengänge wieder auf uns zukommen. Da stellt sich die Frage, was kann die GAMM hierzu beitragen?

Sowohl die Mathematik als auch die Mechanik sind Grundlagenfächer. Diese werden leicht bei einer Reform - gerade wenn es um die Studierbarkeit geht in ihrem Umfang reduziert. Hinzu kommt noch, dass es beim Bachelorstudium darum geht einen berufsqualifizierenden Abschluss zu erzielen. Hier sind die Grundlagenfächer - also die Mathematik in den Ingenieurfächern und die Mechanik - gefährdet. Wenn an einigen Hochschulen entsprechende Reduzierungen durchgesetzt werden, werden wir - meines Erachtens nach - langfristig eine Umverteilung und Umorientierung bei der Hochschulwahl durch die Studierenden erleben. Diese wird in Richtung des amerikanischen Systems mit einigen herausragenden Universitäten und vielen Lehranstalten gehen. Wobei dann einige Universitäten nahe dem alten System mit hoher Qualität ausbilden werden und andere sich auf die praxisgerechte Bachelor konzentrieren dürfen. Dies ist sicherlich in gewissem Maße Schwarzmalerei, aber wir sollten den laufenden Prozess auch nicht unterschätzen.

Man kann und sollte dieses Thema sicher aus unterschiedlichen Richtungen und unter verschiedenen Aspekten betrachten aber wir - die Kollegen der GAMM - sollten aktiv werden und uns Gedanken um die Einheitlichkeit der Ausbildung in der Mathematik und der Mechanik machen und so Standards setzen. Ein einheitliches Anforderungsprofil und ein zugehöriger Fächerkatalog würde sicher vielen Kollegen in den Fakultäten eine Argumentationshilfe sein, wenn die Reform der Reform kommt. Hier sollte die GAMM vorausschauend handeln.

Die Dr. Klaus Körper Stiftung zur Unterstützung von jungen Wissenschaftlern wird dieses Jahr gegründet und dient nach dem Willen des Vermächtnisgebers ausschließlich der Unterstützung junger Wissenschaftler und deren Projekten. Die GAMM vergibt nur einen Preis und diesen an exzellente Nachwuchswissenschaftler. Daher ist es naheliegend, den Richard von Mises Preis der GAMM

durch die "Dr. Klaus Körper Stiftung" zu finanzieren. Somit wird dieser Preis ab jetzt den Zusatz "verliehen von der Dr. Klaus Körper Stiftung" erhalten. Der Richard-von-Mises-Preis wurde erstmalig im Jahre 1988 vergeben. Mit ihm werden herausragende Nachwuchswissenschaftler ausgezeichnet, die noch keine Professur erhalten haben. Viele der Preisträger sind jetzt in hervorgehobenen Positionen wissenschaftlich tätig aber beteiligen sich zunehmend maßgebend in der Organisation der GAMM durch Leitung von Fachausschüssen oder als Mitglieder im Vorstandsrat. Diese Erfolgsstory möchten wir natürlich in den kommenden Jahren fortsetzen.

Dieses Jahr wird der Richard von Mises-Prize an zwei Kandidaten vergeben, die jeweils aus der Mathematik und Mechanik kommen. Due to the fact that one of the awar-dies is from abroad, I will now switch to English.

This year the Richard von Mises-Prize will be given to two candidates who are from mechanics and mathematics. Both have a track record with excellent scientific achievements and both worked in the spirit of GAMM by combining mathematics and mechanics in the fields of their research. The first candidate (by alphabet) is Dr. Volker Gravemeier whom I ask to come up now. Dr. Gravemeier receives the Richard von Mises Prize 2010. The Prize-Document reads as follows:

The International Association for Applied Mathematics and Mechanics (GAMM) awards the Richard von Mises Prize 2010 for excellent scientific achievements to Dr. Volker Gravemeier in appreciation of his research on variational multiscale methods and their application to turbulent flow and combustion problems.

The Document is signed by the members of the Prize-Committee, the Professors and Colleagues Gaul, Langer, Kluwick and Mielke as well as from the President of GAMM.

The second candidate is Dr. Ulisse Stefanelli whom I ask to come up now. Dr. Stefanelli receives the Richard von Mises Prize 2010. The Prize-Document reads as follows:

The International Association for Applied Mathematics and Mechanics (GAMM awards) the Richard von Mises Prize 2010 for excellent scientific achievements to Dr. Ulisse Stefanelli in appreciation of his research on mathematical analysis of nonlinear partial differential equations and its application to complex problems of continuum mechanics.



The document is signed by the members of the Prize-Committee whom I mentioned before. I am very grateful to the members of the Prize-Committee and to those participating in the evaluation of the candidates.

Abschließend möchte ich noch auf die Vorträge unserer von Mises Preisträger hinweisen, die am Mittwoch um 9.30 Uhr im Gerthsen Auditorium stattfinden. Weiterhin lade ich Sie zu der Mitgliederversammlung der GAMM am Mittwoch im Gerthsen Auditorium von 11 bis 12 Uhr ein. Neben der Diskussion der jährlichen Berichte werden Wahlen und Abstimmungen zur Satzung stattfinden. Da dies alle Mitglieder berührt, bitte ich um eine rege Teilnahme.

Damit bin ich am Ende meiner Ausführungen. Ich erkläre die GAMM – Konferenz 2010 in Karlsruhe für eröffnet, wünsche Ihnen alle eine anregende und erfolgreiche Tagung und danke Ihnen für Ihre Aufmerksamkeit.

Peter Wriggers

## PROGRAMMKOMITEE DER GAMM-JAHRESTAGUNG 2012 IN DARMSTADT

**H.-D. Alber**, Darmstadt; **C. Tropea**, Darmstadt; **G. Schuëller**, Innsbruck; **A. Kecskeméthy**, Duisburg-Essen; **A. Thess**, Ilmenau; **M. Günther**, Wuppertal; **R. Müller**, Kaiserslautern; **H. Faßbender**, Braunschweig; **A. Ilchmann**, Ilmenau; **M. Kaliske**, Dresden; **H. Garcke**, Regensburg; **P. Neff**, Duisburg-Essen; **J. Eberhardsteiner**, Wien; **E. Sachs**, Trier; **M. Arnold**, Halle-Wittenberg; **P. Wriggers**, Hannover; **J. Sesterhenn**, Berlin; **V. Mehrmann**, Berlin; **W. Ehlers**, Stuttgart.

Die Sitzung des Programmkomitees findet am 29.01. und 30.01.2011 in Darmstadt statt.

Vorschläge zur Gestaltung des wissenschaftlichen Programms zur GAMM-Jahrestagung 2012 in Darmstadt können an die Mitglieder des Programmkomitees sowie die Geschäftsstelle der GAMM bis zum 31.12.2010 gerichtet werden.

# BESCHLUSSPROTOKOLL ZUR HAUPTVERSAMMLUNG 2010 DER GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE MATHEMATIK UND MECHANIK E.V.

Die Hauptversammlung der GAMM-Jahrestagung 2010 in Karlsruhe fand am Mittwoch, dem 24. März 2010, in der Zeit von 11:00 – 12:35 Uhr im Gerthsen Auditorium der Universität Karlsruhe (TH) statt. Zu Beginn der Veranstaltung waren 165 Mitglieder anwesend. Den Vorsitz der Hauptversammlung führte der Präsident, Herr P. Wriggers, das Protokoll führte der Sekretär, Herr M. Kaliske. Alle Mitglieder wurden satzungsgemäß unter Angabe der folgenden Tagungsordnung im Februar 2010 schriftlich eingeladen: **1. Bericht des Präsidenten**, **2. Bericht des Schatzmeisters**, **3. Bericht der Kassenprüfer**, **4. Entlastung des Vorstandes**, **5. Satzungsänderung** **6. Neuwahlen: Wahl der Kassenprüfer, Mitglieder des engeren Vorstandes:** Präsident Peter Wriggers, Hannover, Festkörpermechanik, Amtszeit bis 2010; Vizesekretär Reinhold Kienzler, Bremen, Festkörpermechanik, Amtszeit bis 2010. **Mitglieder des Vorstandsrats:** Volker Mehrmann, Berlin, Numerische Analysis, 2. Amtszeit bis 2010, nicht wieder wählbar; Stefan Müller, Bonn, Angewandte Analysis, 2. Amtszeit bis 2010, nicht wieder wählbar; Michael Plum, Karlsruhe, Analysis, 2. Amtszeit bis 2010, nicht wieder wählbar; Franz G. Rammerstorfer, Wien, Festkörpermechanik, 1. Amtszeit bis 2010, wieder wählbar; André Thess, Ilmenau, Strömungsmechanik, Amtszeit bis 2010, wieder wählbar. **Wahl der Mitglieder der Wahlkommission** **7. Mitgliedsbeiträge**, **8. Fachausschüsse**, **9. Verschiedenes.** Die vorgeschlagene Tagungsordnung wurde einstimmig angenommen.

## 1. Bericht des Präsidenten

Der Präsident informiert über: das Ableben von Mitgliedern der Gesellschaft, die Mitgliederbewegung im Berichtszeitraum, die Vorbereitung der Vorstandswahlen, die Vorbereitung und Planung der zukünftigen GAMM-Jahrestagungen, die Mitgliedsbeiträge, die GAMM-Publikationen, den Richard-von-Mises-Preis und die Prandtl-Gedächtnisvorlesung, die nationalen Sektionen, die vorgesehene Satzungsänderung, Zukunftsfragen der GAMM, die Evaluierung von GAMM-Fachausschüssen.

## 2. Bericht des Schatzmeisters

Der Schatzmeister, Herr M. Günther, stellt den Kassenbericht für den Zeitraum vom 01.01.2009 bis 31.12.2009 vor. Anfragen wurden nicht gestellt.

## 3. Bericht der Kassenprüfer

Herr M. Kaliske verliest den Bericht der Kassenprüfer Frau M. Heilmann und Herrn B. Tibken für das Jahr 2009. Die Überprüfung der Einnahmen und Ausgaben erfolgte stichprobenartig auf der Grundlage des Kassenberichtes des Schatzmeisters. Alle vorgelegten Unterlagen waren vollständig. Es ergaben sich keine sachlichen Beanstandungen, Empfehlungen wurden nicht ausgesprochen. Die Kassenprüfer beantragen die Entlastung des Schatzmeisters. Der Schatzmeister wird einstimmig bei vier Stimmenthaltungen entlastet.

## 4. Entlastung des Vorstandes

Auf Antrag von Herrn J. Ihlemann, Chemnitz, wird der Vorstandsrat einstimmig bei 5 Enthaltungen entlastet

## 5. Satzungsänderung

Alle Mitglieder wurden im Oktober 2009 und Februar 2010 schriftlich informiert über den Wortlaut der geplanten Neufassung der

Satzung. Die Vollversammlung beschließt ohne Gegenstimme und mit 3 Enthaltungen die neue Satzung.

## 6. Neuwahlen

Der Vizepräsident und Vorsitzende der Wahlkommission, Herr R. Jeltsch, leitet das Wahlverfahren. Einstimmig werden die Kassenprüfer Frau M. Heilmann und Herrn B. Tibken wiedergewählt. Der Vorsitzende der Wahlkommission stellt die beiden Kandidaten für die Präsidentschaft vor. Die geheime Abstimmung (Urnenwahl) führt auf folgendes Ergebnis:

Präsident			
Numerische Analysis	V. Mehrmann	117 Stimmen	(2 Enth.)
Analysis	M. Plum	34 Stimmen	
Vizesekretär			
Festkörpermechanik	W. Ehlers	147 Stimmen	(5 Enth.)
Vorstandsrat			
Angewandte Analysis	S. Conti	140 Stimmen	(12 Enth.)
Numerische Analysis	P. Benner	141 Stimmen	(11 Enth.)
Analysis	L. Grüne	140 Stimmen	(9 Enth.)
Festkörpermechanik	F. Rammerstorfer	145 Stimmen	(7 Enth.)
Strömungsmechanik	A. Thess	144 Stimmen	(6 Enth.)

Die jeweilige Amtszeit beginnt am 1. Januar 2011 und endet am 31. Dezember 2013. Der Vorstandsrat schlägt nach Beratung der Mitgliederversammlung die Besetzung der Wahlkommission vor.

## 7. Mitgliedsbeiträge

Anträge oder Anfragen liegen nicht vor.

## 8. Fachausschüsse

Der Vizesekretär Herr Kienzler berichtet über die positive Evaluation der Fachausschüsse „Angewandte und Numerische Lineare Algebra“ und „Mehrskalenmodelle“. Der Fachausschuss „Angewandte Stochastik und Optimierung“ wird aufgrund der maximalen Laufzeit geschlossen. Eine Neugründung befindet sich in Vorbereitung. Ergänzungen oder Anfragen liegen nicht vor.

## 9. Verschiedenes

Es liegen keine Wortmeldungen vor. Allen aus ihren Ämtern ausscheidenden Mitgliedern des Vorstandsrats wird für die hervorragende und engagierte Arbeit herzlich gedankt.

Die nächste Hauptversammlung findet voraussichtlich am 20. April 2011 in Graz statt

Hannover, 13.07.2010	Dresden, 14.06.2010
Peter Wriggers	Michael Kaliske
Präsident	Sekretär

## ELEKTRONISCHE WAHL

Auf der GAMM Tagung 2010 in Karlsruhe, wurde in der Satzungsänderung unter anderem die elektronische Wahl beschlossen. Der elektronische Wahlvorgang erfolgt über die Internetseite der GAMM ([www.gamm-ev.de](http://www.gamm-ev.de)).

Zum aktuellen Wahlverfahren:

Die Stimmabgabe erfolgt entweder mittels Urnenwahl im Rahmen der Hauptversammlung oder mittels elektronischer Stimmabgabe. Bei beiden Wahlformen sind die allgemeinen Wahlgrundsätze einzuhalten. Für die Möglichkeit der elektronischen Stimmabgabe erhalten die Wahlberechtigten ab fünf Wochen vor der Hauptversammlung ein individuelles Passwort und eine Kennzahl, die für eine einmalige Wahlhandlung gültig sind und die Feststellung der Wahlbeteiligung ermöglichen. Das Passwort und die Kennzahl werden den Wahlberechtigten per Mail zugesandt. Die Freischaltung der Wahlsoftware erfolgt ab fünf Wochen vor der Hauptversammlung und endet eine Woche vor dem Tag der Hauptversammlung um 24 Uhr. Hat ein Wahlberechtigter seine Stimmabgabe in elektronischer Form übermittelt, so ist die Stimmabgabe bei der Urnenwahl

nicht möglich. Abfolge der Schritte für die elektronische Wahl: Auf der GAMM Internetseite findet man unter dem Navigationsfeld „intern“ den Menüpunkt GAMM Portal. Dieser führt mit der GAMM Mitgliedsnummer und einem Passwort - beides wird auf der Jahresrechnung mit dem ersten GAMM Rundbrief eines jeden Jahres versandt - auf die interne Seite für GAMM Mitglieder. Dort besteht die Wahlmöglichkeit zwischen 1.) Änderung der persönlichen Daten oder 2.) der Durchführung der elektronischen Wahl. Die elektronische Wahl wird über ein neues Web-Login Feld erreicht, in welches das per Mail zugesandte Wahl-Passwort und -Kennwort eingegeben werden müssen. Nach erneutem erfolgreichem Einloggen kann die Wahl durchgeführt werden. Dazu ist auf die Kandidaten zu „klicken“, welche das Vertrauen für die kommende Amtsperiode erhalten sollen.

ACHTUNG: Nachdem auf „Daten senden“ geklickt wurde, ist eine Änderung oder erneute Durchführung des Wahlvorganges nicht mehr möglich.

### IN MEMORIAM – PROF. DR. WOLFGANG WALTER

Prof. (em.) Dr. Wolfgang Walter, von 1963 bis 1995 Ordinarius am und von 1986 bis 1989 Präsident der GAMM, verstarb am 26. Juni 2010 im Alter von 83 Jahren. Wolfgang Walter wurde am 2. Mai 1927 in Schwäbisch Gmünd geboren. Seine Schulzeit wurde 1943 abrupt unterbrochen durch seine Einberufung zunächst als Flakhelfer und später als Soldat an der Ostfront, gefolgt von Verwundung und amerikanischer Kriegsgefangenschaft. Nach seiner Entlassung Ende 1946 schloss er seine Schulausbildung ab und studierte von 1947 bis 1951 Mathematik und Physik an der Universität Tübingen. Er promovierte 1956 bei Erich Kamke über das Thema Mittelwertsätze und ihre Verwendung zur Lösung von Randwertaufgaben. 1957 ging Wolfgang Walter an die Universität Karlsruhe, wo er zunächst als Assistent bei Johannes Weissinger arbeitete und sich 1960 mit einer Arbeit über Existenz- und Eindeutigkeitssätze für eine spezielle Klasse von partiellen Differentialgleichungen habilitierte. Im selben Jahr wurde er Dozent und ein Jahr später wissenschaftlicher Rat. 1963 erfolgte seine Berufung auf ein neu eingerichtetes Ordinariat für Mathematik an der Universität Karlsruhe, das er bis zu seiner Emeritierung im Jahre 1995 innehatte. Während seiner gesamten wissenschaftlichen Tätigkeit war er häufig als Gastprofessor insbesondere an Universitäten in den USA tätig. Trotz sieben Rufungen, die er auf Ordinariate in Deutschland und Österreich bzw. auf full professorships in den USA erhalten hatte, blieb Wolfgang Walter der Universität Karlsruhe stets treu. Seine persönliche Integrität, seine herzliche, stets freundliche und oft humorvolle Art des Umgangs brachte ihm die hohe Wertschätzung des Karlsruher Kollegiums ein, dessen Geschicke er von 1975 bis 1977 als Dekan lenkte. Wolfgang Walter fühlte sich der GAMM sehr verbunden und hat sie in vielerlei Hinsicht gefördert. Als einen wichtigen Teil seines mathematischen Lebenswerks betrachtete er die Förderung der Angewandten Analysis und der Numerischen Mathematik ein Ziel, dem sich die GAMM seit ihrer Gründung in besonderem Maße verpflichtet sieht. Von 1986 bis 1989 war er Präsident und von 1989 bis 1992 Vizepräsident der GAMM. Er hat den Richard-von-Mises-Preis der GAMM mitbegründet, war bis weit nach seiner Emeritierung Mitglied des Preiskomitees und unterstützte den GAMM-Vorstand als beratendes Mitglied. Wir verdanken Wolfgang Walter mehr als 130 wissenschaftliche Arbeiten zu vielfältigen Themen, insbesondere über gewöhnliche und partielle Differentialgleichungen sowie über Angewandte und Numerische Mathematik. Seine Beiträge auf dem Gebiet der Differential-Ungleichungen waren bahnbrechend und sind grundlegend für eine enorme Vielzahl von weiteren Untersuchungen in diesem Gebiet. Bis heute entfalten seine elegant und prägnant geschriebenen Publikationen ihre inspirierende Wirkung. Seine wissenschaftlichen Vorträge an internationalen Kongressen haben durch ihre Klarheit stets Bewunderung hervorgerufen. Nicht nur durch seine eigenen wissenschaftlichen Beiträge hat Wolfgang Walter die Mathematik bereichert. Auch als Mitherausgeber mehrerer mathematischer Zeitschriften und der Springer Reihe Grundwissen Mathematik sowie als Organisator der General Inequalities - Tagungen und Mitherausgeber der Proceedings-Bände hat Wolfgang Walter wichtige Beiträge zur Internationalisierung der Mathematik und zur Verbreitung und Weitergabe wissenschaftlicher Forschungsergebnisse auch an nachfolgende Generationen geleistet. Seine sieben brillant geschriebenen Lehrbücher sind an vielen Universitäten im In- und Ausland weitverbreitet und bei Lehrenden und Studierenden gleichermaßen beliebt. Er hat es stets verstanden, Studierende, Doktoranden und Kollegen für Themen der Angewandten Analysis zu begeistern. Seine neuartigen, häufig überraschenden und in bewundernswerter Klarheit vorgetragenen Denk- und Schlussweisen sind und bleiben eine Bereicherung für all diejenigen, die von ihm Mathematik lernten und mit ihm über Mathematik diskutierten. Wolfgang Walter hatte stets ein engagiertes Interesse am wissenschaftlichen Fortschritt, an der Unterstützung seiner Kollegen und an der Förderung junger Nachwuchswissenschaftler. Seine mathematische Expertise fehlt uns ebenso wie sein persönlicher Rat. Wir vermissen Wolfgang Walter.

*Karlsruhe, im Juli 2010 Michael Plum, Wolfgang Reichel*

NEUE SEKTION AUF DER GAMM-TAGUNG 2010 IN KARLSRUHE

# GESCHICHTE DER MECHANIK

VON ERWIN STEIN

Seit vielen Jahren hatte ich den Wunsch nach einer Sektion „Geschichte der Mechanik“ auf den GAMM-Tagungen, angeregt nicht nur durch die Einsicht von C.A. Truesdell: „Die wahre Quelle der Wissenschaft ist das Studium der Meister“, sondern auch durch unsere mehr als 20-jährige Leibniz-Forschung in Verbindung mit insgesamt 11 Leibniz-Ausstellungen seit 1990.

Dem Antrag an das GAMM-Präsidium aus dem Jahre 2008, unterstützt von Herrn Kollegen O.T. Bruhns, wurde stattgegeben, und die neue Sektion erstmals für die GAMM-Tagung 2010 in Karlsruhe mit Herrn Kollegen O. Mahrenholtz als willkommenem Co-Chairman angekündigt. Präsident P. Wriggers und Sekretär M. Kaliske erfüllten meinen Wunsch, im GAMM-Rundbrief vom Herbst 2008 auf das vorgeschlagene Leitthema „Die Entwicklung der Energieprinzipien und des Variationskalküls, in Verbindung mit Optimierungsproblemen der Mechanik, vom 17. bis 19. Jh.“ hinzuweisen.

Die Reihenfolge der Vorträge in zwei Sitzungen entspricht im Wesentlichen der geschichtlichen Entwicklung der Physik (Mechanik) und Mathematik. Während das 15. und 16. Jh. – vornehmlich in der italienischen Renaissance – die Künstler-Ingenieure mit ersten technischen Patenten hervorbrachte, gilt das 17. Jh. als die Wiege der naturwissenschaftlich-technischen Neuzeit, mit dem Beginn der Aufklärung (R. Descartes, B. Spinoza, J. Locke u.v.a.), der Entwicklung der analytischen Geometrie (R. Descartes), der Infinitesimalrechnung (I. Newton, G.W. Leibniz), der ersten axiomatischen Mechanik (I. Newton), der ersten Extremalprinzipien der Mechanik (E. Torricelli, P. de Fermat, G.W. Leibniz). Weiterhin spielten hiermit zusammenhängende Optimierungsprobleme mit gesuchten extremalen Funktionen (G. Galilei, I. Newton,

Johann (I) Bernoulli) und die hierzu erforderliche Variationsrechnung, die bereits gegen Ende des 17. Jh. in einem erheblichen Umfang zur Lösung des berühmten Brachistochronen-Problems entwickelt wurde (zu Beginn G. Galilei, dann Jacob und Johann Bernoulli, G.W. Leibniz, I. Newton), eine bedeutende Rolle. Zu erwähnen ist Leibniz' Entdeckung der kinetischen Energie eines bewegten Körpers (für den quasi-statischen Fall), das sogenannte „wahre Maß der lebendigen Kraft“.

Das 18. Jh. brachte die breite Entwicklung der mathematischen Analysis, besonders des Variationskalküls (L. Euler, J.L. Lagrange) und die vielschichtige Erklärung und Deutung des „Prinzips des kleinsten Zwangs“ (P.-L. Moreau de Maupertuis, L. Euler, J. Le Rond d'Alembert, später C.F. Gauß). Im 19. Jh. wurde die Variationsrechnung in enger Verbindung mit der funktionalanalytischen Darstellung der klassischen Physik vollendet (P.G.L. Dirichlet, A.-M. Legendre, W.R. Hamilton, C.G.J. Jacobi).

Ein Einblick in die spannende Entstehung der Quantenmechanik im 20. Jh. (W. Heisenberg, E. Schrödinger) rundete die bisherige Entwicklung der Variationsprinzipien der Mechanik ab.

Ein interessanter Beitrag befasste sich mit der Erfindung von Gyroskopen mit Cardanischer Aufhängung (J.G.F. Bohnenberger) an der Wende zum 19. Jh., die für die Seefahrt von großer Bedeutung waren. Den Abschluss bildete eine „tour de force“ durch die Strömungsmechanik und ihre Anwendungen vom Altertum bis heute.

Mit mehr als je 150 Teilnehmern in beiden Sitzungen weckte die neue Sektion ein unerwartet großes Interesse. Wir sind hierüber sehr erfreut, auch über die Einladung, auf der GAMM-Tagung 2011 in Graz wieder eine Sektion „Geschichte der Mechanik“ durchzuführen.

## PROGRAMM

**Erwin Stein** (Leibniz Universität Hannover)  
*The Origins of Mechanical Conservation Principles and Variational Calculus in the 17<sup>th</sup> Century*

**Ekkehard Ramm** (Universität Stuttgart)  
*Towards Energy Principles in the 18<sup>th</sup> and 19<sup>th</sup> Century – From D'Alembert to Gauss*

**Maximilian Gerstner, Patrick R. Schmitt, Paul Steinmann** (FAU Erlangen-Nürnberg)  
*Die Entwicklung der Analytischen Mechanik von Euler, Lagrange und Hamilton anhand von Beispielen*

**Klaus Keller** (Aachen)  
*The Birth of Quantum Mechanics*

**Hartmut Bremer** (Johannes Kepler Universität Linz)  
*Lagranges Recherches sur la Libration de la Lune, 1764*

**Joerg F. Wagner, Andor Trierenberg** (Universität Stuttgart)  
*The Machine of Bohnenberger: Bicentennial of the Gyro with Cardanic Suspension*

**Oskar Mahrenholtz** (TU Hamburg-Harburg)  
*Die Entwicklung der Strömungsmechanik von Archimedes bis Stokes und Reynolds*



# RICHARD-VON-MISES-PRIZE 2010



## LAUDATION ON PROF. DR. ULISSE STEFANELLI BY FRANCO BREZZI

It is for me a great pleasure to have the opportunity to celebrate Ulisse Stefanelli on this indeed special occasion. Having followed him from the very beginning of his “still short but already outstanding” career, I had the privilege of sharing with him the numerous merry occasions of his scientific life: enjoying his pleasant and colorful personality, sharing with him his moments of happiness, and sincerely admiring the strength he showed when facing difficulties. Still, it is the mathematician that we celebrate today and, in particular, his exceptional achievements. Let me point out a few facts from his brilliant career. Ulisse Stefanelli manifested his outstanding potential in mathematics very early. During his graduate studies in Pavia he was already, quite independently, pursuing his own research agenda, which then focused on the analysis of mathematical models for phase changing systems. In particular, he carried out a comprehensive study of solid-liquid phase transitions.

His achievements of this period were quite impressive and he soon obtained a position of “*Primo Ricercatore*” (equivalent to Associate Professor) at IMATI (Institute of Applied Mathematics and Information Technology of the National Research Council in Pavia). It should be noted that this was in 2001, a year before defending his PhD. Since then, his scientific interests developed and bloomed in spectacular results, also as an effect of several long-term invited stays in world class research institutions: the Weierstrass Institute in Berlin, the Department of Mathematics of the University of Texas at Austin, the Laboratoire de Mécanique et Génie Civil de Montpellier, just to mention a few.

In spite of his still young age, the list of Stefanelli’s scientific achievements is truly amazing. He innovated the study of evolutionary nonlocal PDEs by introducing new analytical tools and perspectives, and is nowadays a renowned expert in the mathematical modeling of hysteretic phenomena and, more broadly, of rate-independent evolution problems. More recently, he obtained some fundamental results in the direction of the variational characterization of trajectories of evolutionary systems. His studies brought him a few months ago to the proof of a long-standing conjecture by Ennio De Giorgi on the elliptic regularization of semilinear wave equations.

A substantial part of Stefanelli’s research has been and is currently devoted to the study of mathematical problems in thermomechanics. In particular, he is among the world leading experts in the mathematical treatment of the thermomechanical evolution of shape-memory materials. His mastering of the various aspects of these phenomena and his achievements in this field are indeed outstanding, and have surely been at the basis of his well-deserved success in the ERC Starting Grant competition in 2007. In particular his ERC program BioSMA (on modeling, analysis and simulation of shape-memory structures) is presently funding the start-up of his new group of young and very bright researchers in thermomechanics.

Stefanelli’s career has been already honored by many distinguished recognitions. Among these let me just remember his recent election as a Friedrich Wilhelm Bessel Awardee by the Alexander von Humboldt Foundation. This, in particular, constitutes a further proof of the importance of Ulisse Stefanelli’s tight scientific connections with the German research community. He will spend six months in Berlin next year. And in this regard, on behalf of the Prize Committee I have the pleasure of presenting to Ulisse Stefanelli the Richard von Mises Prize 2010 in recognition of his outstanding achievement in Applied Mathematics and Mechanics. I congratulate him on his exceptional success and I wish him a continuously bright future in Science.





## LAUDATION ON DR.-ING. VOLKER GRAVEMEIER BY WOLFGANG A. WALL

Ladies and Gentlemen, distinguished guests, it is my great pleasure to introduce Dr.-Ing. Volker Gravemeier to you, this years' Richard-von-Mises-Prize awardee. He definitely is one of the international experts in multiscale modelling of complex flow scenarios. Through his whole scientific career, he – in the best spirit of GAMM – used both a strong mathematical basis and a deep understanding of mechanics to develop innovative new approaches in computational (fluid) mechanics. His research has been published in a large number of high-quality papers in the best journals in the fields, and he is regularly invited to talk at major international events.

Volker Gravemeier studied Civil Engineering in Kaiserslautern, not only with excellent grades but also with an award for the best graduation in his class in fall 1999. After that, he was heading for doing high level research. Fortunately, he found and joined the Institute of Ekkehard Ramm in Stuttgart. At that time, I had the pleasure of heading a small research group there in the area of computational fluid-structure interaction, and I had plans to extend our activities in the direction of new variational multiscale approaches for Large Eddy Simulation (LES) of turbulent flows. He had no real background in this field, but we had the feeling that he could be the right person for this. I knew from my own experience how rewarding it can be starting and working yourself through a completely new subject – a hard road but full of new insights and possible innovation. Fortunately, he didn't shy away from this challenge, maybe at that time, he was not completely aware of what it means, but on the other hand, it's also a constant in his scientific career so far that he always accepts new challenges. With amazing speed and depth, he was able to establish a solid foundation in all necessary fields; and with this deep understanding in both fluid mechanics as well as the mathematics of the Finite Element and the Variational Multiscale Method (VMM), he was able to develop a new three-level approach for the simulation of turbulent flows in his excellent thesis that he defended in December 2003. This work, and all his work from thereon, received high international recognition.

After his PhD, he received both a postdoctoral fellowship from the Center for Turbulence Research (CTR) at Stanford

University as well as a Feodor Lynen fellowship from the Alexander von Humboldt foundation and joined the CTR in Stanford. In Stanford, he worked on a few new fields, a.o., an interesting combination of VMM, the Finite Volume method and multigrid scale separation. Despite offers from Stanford, he fortunately returned to Germany and joined my new group at Technische Universität München as a post-doctoral fellow. At TUM, he started his regular teaching activities, something he does with the same passion as he is doing science – and students notice and also reward it with very good evaluation results. In his research, he started to develop new multiscale based methods for the simulation of convection-diffusion-reaction equations. One of the methods that originated during this time is the algebraic variational multiscale-multigrid method that he developed together with Michael Gee from my group. It is based on the combination of ideas from VMM and algebraic multigrid principles. This method has its own success story, and meanwhile was analysed and extended as well as applied to turbulent incompressible flows and variable-density flows at low Mach number, where it provides excellent results all the way from laminar, transitional to turbulent flows. Since 2007, Volker Gravemeier heads his own Emmy Noether research group dealing with “Computational multiscale methods for turbulent combustion in complex geometries”, which I have the pleasure to host at TUM. This problem class, a.o., contributes even finer scales to the turbulent problem and, in addition, very sharp layers, which they attack with extended Finite Element ideas. But I'm sure he will tell you more about this in a couple of minutes.

Dear Volker, it is a great pleasure and honour for me to congratulate you on the Richard-von-Mises-prize 2010. You have joined a group of very distinguished scientists that started with Alexander Mielke more than twenty years ago, and I'm sure that in the future GAMM can also be proud of its new awardee. In this spirit, I wish you all the best for your further career, I wish for an ongoing fruitful collaboration with you, and I wish the audience now much delight and inspiration when listening to your lecture entitled “Variational Multiscale Methods for Turbulent Flow and Combustion”.

# BERICHT DES PRÄSIDENTEN AN DIE MITGLIEDER MITGLIEDERVERSAMMLUNG AM 24. MÄRZ 2010

Meine Damen und Herren, Liebe Kolleginnen und Kollegen, ich begrüße Sie sehr herzlich zur diesjährigen Mitgliederversammlung der „Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik“.

## 1. Verstorbene Mitglieder

Wie in jedem Jahr wollen wir als erstes unserer verstorbenen Mitglieder gedenken. Es ist mir eine traurige Pflicht, Sie über das Ableben der folgenden Kollegen zu informieren:

Prof. Dr.-Ing. Herbert Bednarczyk, zuletzt in Stuttgart  
 Prof. Dr. Jürgen Herzberger, zuletzt in Oldenburg  
 Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Elmar Steck, zuletzt in Braunschweig  
 Prof. Dr. Klaus D. Bierstedt, zuletzt in Paderborn  
 Prof. Dr. Ilppo Simo Louhivaara, zuletzt in Berlin  
 Prof. Dr.-Ing. Joachim Lückel, zuletzt in Paderborn  
 Prof. Dr. rer. nat. Erwin Krämer, zuletzt in Darmstadt  
 Prof. Dr. techn. Hans Troger, zuletzt in Wien  
 Prof. Dr.-Ing. Friedrich-Gerhard Buchholz, zuletzt in Lemgo

Allen Verstorbenen wird die Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik ein ehrendes Gedenken bewahren. Sie haben sich zum Zeichen der Trauer und Anteilnahme von ihren Plätzen erhoben. Ich danke Ihnen.

## 2. Mitgliederbewegung

Anzahl der persönlichen GAMM-Mitglieder (Stand 13.03.2010)	1938
Anzahl der korporativen Mitglieder (Stand 13.03.2010)	28
Gesamtanzahl GAMM-Mitglieder (Stand 13.03.2010)	1966
Anzahl der neuen persönlichen Mitglieder (06.02.2008-13.03.2010)	46
Anzahl der Austritte persönlicher Mitglieder (06.02.2008-13.03.2010)	47
Anzahl der Todesfälle (06.02.2008-13.03.2010)	9

## 3. Wahlen 2010

Die Amtszeit der folgenden Mitglieder des Vorstandsrates läuft Ende diesen Jahres ab: **Präsident:** P. Wriggers

Der nachfolgende Präsident wird - wie üblich - aus den Reihen der Mitglieder der Angewandten Mathematik gewählt.

Die Wahlkommission hat unter dem Vorsitz von Herrn Jeltsch gearbeitet. Das Ergebnis ist das Folgende.

Volker Mehrmann, 60 Nennungen, Michael Plum, 44 Nennungen  
 Unser Vizepräsident Rolf Jeltsch wird beide Kandidaten vor der Wahl vorstellen. Die Amtszeit des Vizesekretärs Reinhold Kienzler läuft dieses Jahr ab. Ich möchte an dieser Stelle Reinhold Kienzler für seine konstruktive Mitarbeit danken.

**Vizesekretär:** Wolfgang Ehlers, 22 Nennungen

### Mitglieder des Vorstandsrates:

Benner	7 Nennungen	Numerische Analysis
S. Conti	15 Nennungen	Angewandte Analysis
Grüne	7 Nennungen	Analysis

Rammerstorfer	11 Nennungen	Festkörpermechanik (Wiederwahl)
Thess	8 Nennungen	Strömungsmechanik (Wiederwahl)

Die beschlossene elektronische Wahl wird ab dem nächsten Jahr stattfinden. Daher ist es entscheidend, dass Sie persönlich ihrer Stimme während der Hauptversammlung abgeben.

## 4. GAMM Tagungen

Zunächst möchte ich hier noch einmal meinen Dank an die Kollegen Schweizerhof und Wieners aussprechen, die uns hier am KIT mit ihrem großen Einsatz ein sehr schönes Ambiente für die diesjährige GAMM Tagung bieten und ein hervorragendes Beiprogramm zusammengestellt haben.

### GAMM-Tagung 2011

Seitens der GAMM wurde die Einladung der Universität Graz angenommen. Die örtlichen Tagungsleiter sind die Kollegen Schanz und Steinbach. Die Tagung wird am 18. - 21. April 2011 stattfinden. Die Sitzung des Programmausschusses hat bereits am 30.1. 2010 in Graz stattgefunden. Damit ist die Vorbereitung der Tagung ist auf einem guten Weg.

### GAMM-Tagung 2012

Diese Tagung wird an der Technischen Universität Darmstadt stattfinden. Für die Veranstalter hat Kollegen Alber den Stand der Organisation in der Vorstandsratsitzung vorgetragen. Ich denke wir werden in Darmstadt eine schöne Tagung, teilweise im neuen Kongresszentrum erleben.

### GAMM-Tagung 2013

Es lag eine Bewerbung von der Universität in Novi Sad in Serbien vor. Diese wurde im Vorstandsrat von der Kollegin Cvetkovic aus Novi Sad vorgestellt und dann vom Vorstandsrat einstimmig angenommen.

### GAMM-Tagung 2014

Diese Tagung soll erstmalig zusammen mit der Deutschen Mathematiker Vereinigung DMV stattfinden. Für die Besprechung der Details ist zum Ablauf ist eine kleine Kommission bestehend aus den Kollegen Griewank, Frommer, Reese und zusammengesetzt worden.

## 5. Mitgliederbeiträge

Es sind keine Änderungen der Mitgliederbeiträge in 2010 vorgehen.

## 6. GAMM-Mitteilungen

Ich hoffe, Sie konnten sich selbst im vergangenen Jahr davon überzeugen, dass die GAMM-Mitteilungen planmäßig und gut laufen. Es gab einen kleinen Lapsus mit fehlenden Ligaturen in der letzten Mitteilung. Dieser Fehler wurde durch Neudruck von der Druckerei behoben. Ich möchte an dieser Stelle Kollegen Steinmann ganz herzlich für sein Engagement danken.

## 7. ZAMM

Auch die ZAMM ist auf gutem Kurs, der Citation Index ist hat sich in den letzten Jahren sehr positiv entwickelt, so dass die Zeit-

schrift immer attraktiver wird. Hier möchte ich meinen Dank Holm Altenbach und den Kollegen im Editorial Board aussprechen, die sich dort einbringen, um die ZAMM weiter attraktiv zu gestalten. An dieser Stelle möchte ich noch einmal die Hauptvortragenden bitten, ihre auf den Vorträgen basierenden Beiträge entsprechend dem Usus der GAMM einzureichen.

### 8. GAMM-Rundbrief

Der Rundbrief wird überall gelobt und ist eine wirkliche Bereicherung unserer Außendarstellung, die ja insgesamt mit der ZAMM, den Mitteilungen und dem Rundbrief unser ganzes Spektrum hervorragend beleuchtet. Ich danke den Kollegen Schröder und Klawonn herzlich für die geleistete Arbeit. Sie alle möchte ich auffordern, weiter aktiv mit wissenschaftlichen Beiträgen und Berichten von Workshops und Tagungen mitzuhelfen, damit wir den Rundbrief aber auch die Mitteilungen auf dem hohen Niveau halten können.

### 9. Richard-von-Mises-Preis

Wir haben hier zum ersten Mal den Preis als „Richard von Mises Preis“ der „Dr. Klaus-Körper-Stiftung“ vergeben. Dies soll auch in der Zukunft geschehen. Die neue Stiftung befindet sich noch in Gründung, wird aber dieses Jahr durch ein Stiftungsgeschäft etabliert. Sie basiert auf dem Nachlass von Dr. Körper.

Wir hatten dieses Mal wieder sehr gute Nominierungen. Unter meiner Leitung hat das Preiskomitee bestehend aus den Kollegen Gaul, Kluwick, Langer und Mielke beschlossen, zwei Preisträger - Dr. Ulisse Stefanelli von der Uniersita Pavia und Dr. Volker Gravemeier von der TUM - zu nominieren. Wie auch im letzten Jahr waren die beiden Vorträge der Preisträger von hervorragender Qualität und sehr gut besucht.

### 10. Ludwig-Prandtl-Gedächtnis-Vorlesung

Herr Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Nitsche von der TU Berlin hat auf Vorschlag der DGLR einen schönen Vortrag zum Thema „Die Widerspenstige Zähmung: Aktive Kontrolle wandgebundener Strömungen“ gehalten. Der Vortrag war sehr gut besucht und zeigte in anschaulicher Weise neueste Ergebnissen der aktiven Strömungsbeeinflussung vom Windkanalversuch bis hin zum Großversuch an einem Airbusflügel. Für 2011 wird wieder im Wechsel die GAMM den Prandtl-Vortragenden vorschlagen.

### 11. Nationale Sektionen

In der Vorstandsratssitzung haben die Kollegen aus Rumänien und Tschechien über den Stand der Sektionen in ihren Ländern kurz berichtet.

### 12. Satzungsänderungen

Es sind dieses Jahr noch weitere Satzungsänderungen notwendig. Diese beziehen sich noch einmal auf die elektronische Wahl und auf den Punkt einer eventuellen Auflösung unserer Vereinigung. Der entsprechende neue Entwurf wurde satzungsgemäß im zweiten Rundbrief veröffentlicht und steht jetzt zur Abstimmung.

### 13. Zukunftsfragen

Der Ausschuss für Zukunftsfragen hat unter der Leitung von Vizepräsident Rolf Jeltsch mit den Mitgliedern Ehlers und Steinmann aus der Mechanik und Mehrmann und Conti aus der Mathematik getagt. Die Ideen wurden im Vorstandsrat vorgestellt.

Einiges soll laut Vorstandsratsbeschluss umgesetzt werden: Mehrere neue Ideen wurden diskutiert. Darunter

- Einführung von GAMM Repräsentanten an den einzelnen Hochschulstandorten,
- Gratismitgliedschaft für GAMM Juniors (mit diesem Titel sollen hervorragende Doktoranden ausgezeichnet werden),
- GAMM Juniors sollen zukünftig im Zukunftsausschuss vertreten sein.
- Workshops der GAMM Juniors, die von diesen in der Zukunft selbst organisiert werden.
- Vergabe von Gratismitgliedschaften an ein oder zwei ausgezeichnete Bachelor Studenten in den unterschiedlichen Hochschulstandorten, diese Vergabe sollte während der offiziellen Zeugnisübergaben oder Examensfeiern stattfinden.

Dinge die im letzten Jahr diskutiert wurden – wie ein neuer Web-Auftritt der GAMM- sind bereits umgesetzt.

Ich bitte hier auch die Mitglieder untereinander zu diskutieren und neue Ideen über die genannten Kollegen in die GAMM einzubringen.

Es wurde eine Arbeitsgruppe eingerichtet, die Standards für die Mathematik- und Mechanikausbildung in den Ingenieur- und Mathematikstudiengängen festlegen soll, damit wir uns von der GAMM aus positionieren können für die mit Sicherheit anstehende Reform der Reform.

### 14. Fachausschüsse

Dieses Jahr gibt es keine Neugründungen von Fachausschüssen. Evaluiert wurden die Fachausschüsse „Numerische Lineare Algebra“ und „Multiscale Material Modelling“. Beide haben sehr erfolgreich gearbeitet und werden um 3 Jahre verlängert.

Der Fachausschuss „Angewandte Stochastik und Optimierung“ wurde nach langer, erfolgreicher Arbeit geschlossen. Der Fachausschussvorsitzende hat einen neuen Antrag eingereicht, der aber noch zu vervollständigen ist und über den dann im nächsten Jahr in der Vorstandsratssitzung ein Beschluss gefasst werden kann.

### 15. Beziehungen zu anderen Gesellschaften

Entfällt.

### 16. Verschiedenes

Dies ist meine letzte Mitgliederversammlung, an der ich als Präsident teilnehme. Meine Amtszeit läuft mit Ende dieses Jahres aus. Es war für mich eine abwechslungsreiche Zeit, in der ich versucht habe, den Kurs der Erneuerung der GAMM zu stützen und weiter voranzutreiben. Ich möchte Ihnen allen noch einmal für das entgegengebrachte Vertrauen danken und wünsche meinem noch zu wählenden Nachfolger eine erfolgreiche Amtszeit.

Ich danke Ihnen für Ihre Aufmerksamkeit.

Peter Wriggers, Hannover



# 81. GAMM-JAHRESTAGUNG IN KARLSRUHE

VON CHRISTIAN WIENERS



In diesem Jahr war die GAMM-Jahrestagung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) zu Gast. Nach 1963 und 1989 war Karlsruhe bereits zum dritten Mal Austragungsort der Jahrestagung der GAMM. Als eine der großen technischen Universitäten in Deutschland bietet Karlsruhe ein ideales Umfeld für die Durchführung dieser Tagung. Zudem liegt der Campus in der Nähe des Schlosses und der Stadtmitte, so dass diese Tagung eine Tagung kurzer Wege war. Schließlich trug das schöne Frühlingswetter zu einer angenehmen Atmosphäre bei.

Mehr als 850 Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus über 20 Ländern trafen sich in rund 600 Vorträgen, verteilt auf 12 Hauptvorträge, 12 Minisymposien und 23 Sektionen und stellten ihre Forschungsergebnisse aus ihren Arbeitsgebieten in der Mathematik und der Mechanik vor.

Zu Beginn der Jahrestagung sprach der Präsident des KIT, Prof. Dr. H. Hippler, ein Grußwort, indem er den Weg von der Universität zum KIT erläuterte: Im letzten Jahr wurde die Universität Karlsruhe (TH) mit dem Forschungszentrum Karlsruhe zum Karlsruher Institut für Technologie (KIT) zusammengeführt. Damit wird die Forschung und Lehre an der Universität und die Großforschung innerhalb der Helmholtz-Gesellschaft stärker miteinander verzahnt.

Anschließend eröffnete der Präsident der GAMM, Prof. Dr.-Ing. P. Wriggers die Tagung mit einer kurzen Ansprache, in der er die Bedeutung der interdisziplinären Zusammenarbeit von Mathematik und Mechanik hervorhob und die Notwendigkeit einer fundierten Ausbildung in den Grundlagen betonte.

Als gemeinsame Veranstaltung der GAMM mit der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt (DGLR) wurde das wissenschaftliche Programm mit der traditionellen Prandtl-Vorlesung begonnen, die in diesem Jahr von Prof. Dr.-Ing. W. Nitsche (TU Berlin) zum Thema „Der Widerpenstigen Zähmung: Aktive Kontrolle wandgebundener Strömungen“ gehalten wurde.

Am Abend des ersten Konferenztages wurden die Teilnehmer vom Oberbürgermeister der Stadt Karlsruhe Heinz Fenrich im Rathaus empfangen. Nach einem Grußwort des Oberbürgermeisters an die Teilnehmer und einer kleinen Dankesrede des GAMM-Präsidenten erläuterte Prof. em. Dr.-

Ing. Dr. h.c. Jens Wittenburg in einem historischen Überblick die Entwicklung der Technischen Hochschule Karlsruhe bis hin zur Universität und berichtete von den bedeutenden Forschern des letzten Jahrhunderts, die in Karlsruhe gewirkt haben.

Das wissenschaftliche Programm wurde durch einige Zusatzveranstaltungen ergänzt. In einer Sonderveranstaltung wurde über Schulmathematik und Lehrerbildung aus Sicht der anwendungsorientierten Mathematik diskutiert, mit dem Ziel geeignete Bildungsstandards zu formulieren, in denen Aspekte der Modellbildung, der Numerischen Mathematik und der Optimierung betont werden. Weiterhin wurden in einer Informationsveranstaltung von Vertretern der Humboldt-Stiftung, des DAAD und der DFG Förderinstrumente für den wissenschaftlichen Nachwuchs vorgestellt.

Ein Höhepunkt des Rahmenprogramms war der öffentliche Vortrag von Prof. Dr. B. Kawohl (Universität Köln) zum Thema „Von Kugeln und Knöpfen, die nicht wegrollen können“: Es gibt geometrische Objekte, die kein Kreis bzw. keine Kugel sind, die aber trotzdem in allen Richtungen „gleich dick“ sind, d.h. denselben Durchmesser haben.

Neben einer mathematischen Beschreibung dieser Objekte wurde eine Vielzahl von Anwendungen aufgezählt und sogar mit einer Demonstration auf dem Podium vorgeführt.

Neben den wissenschaftlichen Hauptvorträgen (jeweils fünf aus der Mathematik und fünf aus der Mechanik) und nur wenigen Minisymposien bildeten die Sektionsvorträge den Schwerpunkt der Tagung. Damit wurde eine große Themenbreite von der Festkörper- und Strömungsmechanik, der angewandten Analysis bis zur numerischen Mathematik abgedeckt. Erstmals wurde eine neue Sektion „Geschichte der Mechanik“ eingerichtet, die sehr gut besucht war.

Traditionell ist die GAMM-Jahrestagung eine Konferenz mit kleinem Budget, so dass auch viele Nachwuchskräfte ohne zu große zu relativ geringen Kosten an dieser Tagung teilnehmen können. Außerdem konnte die Teilnahme von osteuropäischen Gästen unterstützt werden. Eine wesentliche Hilfe für die Organisation war die Bereitstellung einiger Personalmittel durch das KIT sowie ein Reisekostenzuschuss der DFG für die Hauptvortragenden aus dem Ausland.

Die Tagung wurde vom Institut für Wissenschaftliches Rechnen und Mathematische Modellbildung (IWRMM) gemeinsam mit den Fakultäten Mathematik, Bauingenieurwesen und Maschinenbau unter der Leitung von Christian Wieners gemeinsam mit Karl Schweizerhof, Michael Plum, Willy Dörfler, Wolfgang Seemann und Thomas Böhlke durchgeführt.

Die lokalen Organisatoren möchten sich an dieser Stelle für die vielen guten wissenschaftlichen Beiträge der Teilnehmer, die angenehme Atmosphäre unter den Teilnehmern, die reibungslose Unterstützung durch den GAMM-Vorstand und das GAMM-Sekretariat, die personelle Unterstützung durch das KIT, die finanzielle Unterstützung durch die DFG und die Sponsoren, sowie bei den vielen Helfern während der Tagung bedanken.



## WAHLEN ZUM VORSTANDSRAT

### Aufruf des Präsidenten mit Bitte um Wahlvorschläge zur Vorstandswahl 2011

#### Wahlvorschläge

Wahlvorschläge können bei der Geschäftsstelle der GAMM per E-Mail unter [GAMM@mailbox.tu-dresden.de](mailto:GAMM@mailbox.tu-dresden.de) eingereicht werden.

Vorschlagsberechtigt sind persönliche Mitglieder der GAMM sowie korporative Mitglieder.

Die folgenden Positionen des GAMM-Vorstandsrats sind 2011 zu besetzen. Die Amtszeiten werden 2012 beginnen.

#### Vorstand

M. Kaliske (Sekretär), Dresden, Festkörpermechanik, Amtszeit bis 2011

M. Günther (Schatzmeister), Wuppertal, Angewandte Mathematik, Amtszeit bis 2011

#### Mitglieder des Vorstandsrats

A. Griewank, Berlin, Numerische Analysis, 1. Amtszeit bis 2011, wieder wählbar

M. Oberlack, Darmstadt, Strömungsmechanik, 1. Amtszeit bis 2011, wieder wählbar

J. Schröder, Duisburg-Essen, Festkörpermechanik, 1. Amtszeit bis 2011, wieder wählbar

G. Schuëller, Innsbruck, Stochastik / Optimierung, 1. Amtszeit bis 2011, wieder wählbar

Die Quorenregelung verlangt, dass Wahlvorschläge für den Sekretär und den Schatzmeister von mindestens 10 Mitgliedern und Wahlvorschläge für die weiteren zu wählenden Mitglieder des Vorstandsrats von mindestens fünf Mitgliedern schriftlich unterstützt werden müssen. Wahlvorschläge und Unterstützungserklärungen, auch für eine Wiederwahl, müssen spätestens zehn Wochen vor der Mitgliederversammlung, also bis zum 08.02.2011, bei der Geschäftsstelle eintreffen.

#### Vorstandswahl 2011

Die Stimmabgabe zur Vorstandswahl erfolgt entweder mittels Urnenwahl im Rahmen der Mitgliederversammlung der Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik e.V. in Graz voraussichtlich am Mittwoch, den 20. April 2011 oder mittels elektronischer Stimmabgabe. Als Mitglied der GAMM erhalten Sie eine gesonderte Einladung. Stimmberechtigt sind persönliche Mitglieder der GAMM sowie namentlich benannte Delegierte der korporativen Mitglieder.

Ich bitte Sie, persönlich an der Mitgliederversammlung in Graz teilzunehmen und sich an der Wahl zu beteiligen. Die elektronische Stimmabgabe ist die Zeitperiode vom 15. März 2011 bis 12. April 2011 möglich.

Peter Wriggers  
Präsident

#### Mitglieder der Wahlkommission für die Vorstandswahlen 2011

Vorsitzender:  
P. Wriggers, Hannover (Vizepräsident ab 2011)

Gewählte Mitglieder:  
Edwin Kreuzer, Hamburg, Dynamik/Strömungsmechanik  
Karl Schweizerhof, Karlsruhe, Festkörpermechanik  
Rolf Jeltsch, Zürich, Numerische Analysis  
Stefan Müller, Bonn, Analysis

#### Anmerkung:

Gemäß Satzung endet die Amtszeit am 31. Dezember des angegebenen Jahres. Die Amtszeit der auf der Hauptversammlung 2011 in Graz wieder bzw. neu zu wählenden Mitglieder des Vorstandsrats beginnt am 01. Januar 2012.

## PERSONALIA

### Todesfälle

Wir gedenken:

Prof. Hans Troger, zuletzt in Wien  
Prof. Dr.-Ing. Friedrich-Gerhard Buchholz, Lemgo  
Prof. Dr. Francis Ryosuke Hama, München  
Prof. Dr. Wolfgang Walter, Karlsruhe

# WISSENSCHAFTLICHE VERANSTALTUNGEN

## GAMM

Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik  
<http://www.gamm-ev.de>

### Tagungsjahr 2010 und 2011

GAMM Annual Meeting  
 April 18 - 21, 2011 in Graz, Austria  
<http://www.gamm2011.tugraz.at/>

November 24 - 26, 2010  
 3. GAMM-Seminar über Kontinuums-Biomechanik des GAMM-Fachausschusses Biomechanik  
 Waldhotel Zollernblick in Freudenstadt-Lauterbad  
<http://www.mechbau.uni-stuttgart.de/ls2/gamm-FA-biomech/>

August 22 - 26, 2011  
 17th Conference of the International Linear Algebra Society (ILAS)  
 „Pure and Applied Linear Algebra: The new Generation“  
 Braunschweig, Deutschland  
<http://www.ilas2011.de/>

September 22 - 23, 2011  
 Workshop des GAMM Fachausschuss „Angewandte und Numerische Lineare Algebra“ zum Thema „Modellreduktion“  
 Universität Bremen

Weitere Interessante Veranstaltungen können Sie auf den Seiten der Fachausschüsse der GAMM direkt einsehen.

Computerunterstützte Beweise und symbolisches Rechnen  
<http://www.math.uni-wuppertal.de/wrswt/gamm/#conferences>

Numerische Methoden für partielle Differentialgleichungen  
<http://gamm-sc.mathematik.uni-karlsruhe.de/index.html>

Dynamik und Regelungstheorie  
<http://regpro.mechatronik.uni-linz.ac.at/gamm>

Analysis von Mikrostrukturen  
<http://www.app-ana2.uni-bonn.de/gamm-fa/>

Angewandte und Numerische Lineare Algebra  
<http://www.sam.math.ethz.ch/GAMM-ANLA/>

Angewandte Operatortheorie  
<http://www.math.uni-wuppertal.de/~fa/gamm/aktivitaeten.html>

Biomechanik  
<http://www.mechbau.uni-stuttgart.de/ls2/gamm-FA-biomech/>

Optimierung mit partiellen Differentialgleichungen  
<http://www.math.uni-hamburg.de/spag/gamm/index.html.de>

Weitere Tagungen sind auf der GAMM-Homepage <http://www.gamm-ev.de> einzusehen.

## IUTAM

International Union of Theoretical and Applied Mechanics  
<http://www.iutam.net>

International Union of Theoretical and Applied Mechanics  
<http://www.iutam.net>

August 19 - 24, 2012  
 23rd ICTAM 2012  
 Beijing, China  
<http://www.ictam2012.org/>

## ECCOMAS

European Community on Computational Methods in Applied Sciences  
<http://www.cimne.com/eccomas>

September 10 - 14, 2012  
 ECCOMAS 2012  
 Vienna, Austria  
<http://eccomas2012.conf.tuwien.ac.at/>

## EUROMECH

European Mechanics Society  
<http://www.euromech.org>

September 2011  
 12th European Mechanics of Materials Conference (EMMC12)  
 Paris, France  
<http://www.euromech.org/conferences/EMMC/EMMC12>

## EMS

European Mathematical Society  
<http://www.euro-math-soc.eu/>

## MFO

Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach  
<http://www.mfo.de>

## CISM

International Centre for Mechanical Sciences  
<http://www.cism.it>

## Verschiedene Veranstaltungen 2010 und 2011

4th GACM Colloquium on Computational Mechanics  
 August 31 - September 2, 2011  
 Technische Universität Dresden, Germany  
<http://gacm2011.bau.tu-dresden.de>

Weitere interessante wissenschaftliche Veranstaltungen können Sie auf den Links der einzelnen Organisationen einsehen.

# ICIAM-COLLATZ PREIS 2011

Auf Initiative der GAMM wurde der ICIAM Collatz Preis geschaffen. Dieser zeichnet jeweils einen jungen Wissenschaftler für herausragende Forschung im Gebiet der industriellen und angewandten Mathematik aus.

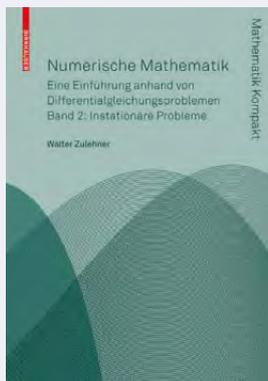
Dieser wird alle vier Jahre während der Eröffnung der ICIAM Kongresse vergeben. Der Preisträger für den ICIAM 2011 Kongress in Vancouver wird am 20. September 2010 um 10:00 Uhr auf der Webseite

[http://www.iciam.org/council/council\\_tf.html](http://www.iciam.org/council/council_tf.html) bekannt gegeben.

Die bisherigen Preisträger waren:

**Stefan Müller 1999**  
**Weinan E 2003**  
**Felix Otto 2007**

Gleichzeitig werden die Preisträger der ICIAM Preise: Lagrange, Maxwell, Pioneer und Su Buchin bekannt gegeben. Weitere Informationen über diese Preise und frühere Preisträger sind auf der oben angegebenen Webseite zu finden.



## Numerische Mathematik

Eine Einführung anhand von  
Differentialgleichungsproblemen;  
Band 2: Instationäre Probleme

**W. Zulehner**, Universität Linz

„Numerische Mathematik“, aufgeteilt in zwei Bände, ist eine Einführung in die Numerische Mathematik anhand von Differentialgleichungsproblemen. Gegliedert nach elliptischen, parabolischen und hyperbolischen Differentialgleichungen bespricht der Autor zunächst jeweils die Diskretisierung solcher Probleme. Als Diskretisierungstechniken stehen Finite-Elemente-Methoden im Raum und (partitionierte) Runge-Kutta-Methoden in der Zeit im Vordergrund. Die diskretisierten Gleichungen dienen als Motivation zur Diskussion von Methoden für endlichdimensionale lineare und nichtlineare Gleichungen, die der Autor anschließend als eigenständige Themen behandelt. Auf diese Weise vermittelt er nicht nur ein einführendes, sondern auch ein in sich abgeschlossenes Bild der Numerischen Mathematik, zumindest in einem zentralen Aufgabenbereich.

### Inhalt:

Anfangsrandwertprobleme parabolischer Differentialgleichungen.- Semidiskretisierung.- Runge-Kutta-Verfahren für Anfangswertprobleme.- Anfangsrandwertprobleme hyperbolischer Differentialgleichungen.- Runge-Kutta-Verfahren für Differentialgleichungen 2. Ordnung.- Partitionierte Runge-Kutta-Verfahren.

2010. Etwa 150 S. Softcover  
ISBN 978-3-7643-8428-9  
Erscheinungstermin: November 2010  
► € (D) 18.90 / CHF\* 29.90

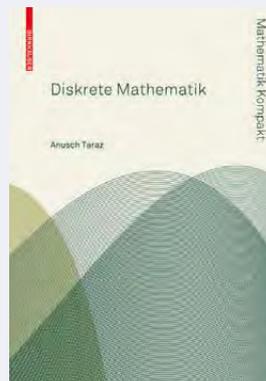


## Nichtlineare Optimierung

**M. Ulbrich**, TU München; **S. Ulbrich**, TU Darmstadt

Das Buch gibt eine Einführung in zentrale Konzepte und Methoden der Nichtlinearen Optimierung. Es ist aus Vorlesungen der Autoren an der TU München, der TU Darmstadt und der Universität Hamburg entstanden. Der Inhalt des Buches wurde insbesondere auf mathematische Bachelorstudiengänge zugeschnitten und hat sich als Basis entsprechender Vorlesungen sowie für eine anschließende Vertiefung im Bereich der Optimierung bewährt. Der Umfang entspricht zwei zweistündigen oder einer vierstündigen Vorlesung, wobei etwa in gleichem Umfang sowohl unrestringierte Optimierungsprobleme als auch Optimierungsprobleme mit Nebenbedingungen behandelt werden. Im Teil über die unrestringierte Optimierung werden sowohl Trust-Region- als auch Liniensuch-Methoden zur Globalisierung behandelt. Für letztere wird ein ebenso leistungsfähiges wie intuitives Konzept der zulässigen Suchrichtungen und Schrittweiten entwickelt. Die schnelle lokale Konvergenz Newton-artiger Verfahren und ihre Globalisierung sind weitere wichtige Themengebiete. Das Kapitel über restringierte Optimierung entwickelt notwendige und hinreichende Optimalitätsbedingungen und geht auf wichtige numerische Verfahren, insbesondere Sequential Quadratic Programming, Penalty- und Barriereverfahren ein. Der Bezug von Barriereverfahren zu den aktuell intensiv untersuchten Innere-Punkte-Verfahren wird ebenfalls hergestellt.

2011. Etwa 150 S. Softcover  
ISBN 978-3-0346-0142-9  
Erscheinungstermin: November 2010  
► € (D) 18.90 / CHF\* 29.90



## Diskrete Mathematik

**A. Taraz**, TU München

Kompakte Einführung in die Kerngebiete der Diskreten Mathematik In sich geschlossene Darstellung, die Berührungspunkte zu Analysis, Lineare Algebra und Stochastik aufzeigt Gegenüberstellung von thematischen und methodischen Blickwinkeln Ideal geeignet schon für Studienanfänger

Dieses Buch führt kompakt in einige Kerngebiete der Diskreten Mathematik ein. Es behandelt grundlegende Konzepte aus der Kombinatorik und der Graphentheorie. Darüber hinaus fokussiert es einerseits auf thematische Einheiten wie endliche Geometrien und Ramseytheorie sowie andererseits auf methodische Schwerpunkte wie probabilistische und algebraische Techniken. So wird den Lesenden klar, dass die Diskrete Mathematik eine spannende Disziplin mit eigenen Fragestellungen ist, die zahlreiche interessante Bezüge zu den klassischen Anfängervorlesungen hat. Dieses Buch stellt das Fachgebiet in idealer Tiefe für eine zweibis vierstündige Lehrveranstaltung dar.

### Inhalt:

1. Grundlagen.- 2. Zählen.- 3. Relationale Strukturen.- 4. Endliche Geometrien und Kodierungstheorie.- 5. Ramseytheorie.- 6. Probabilistische Methoden.- 7. Algebraische Methoden.- 8. Bijektionen

2010. Etwa 150 S. Softcover  
ISBN 978-3-7643-8898-0  
Erscheinungstermin: Oktober 2010  
► € (D) 18.90 / CHF\* 29.90