

**AUS DEM INHALT:**

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

**ALEXANDER DÜSTER UND ERNST RANK:**  
**DIE FINITE CELL METHODE –**  
**EINE FICTITIOUS DOMAIN METHODE**  
**MIT FINITE-ELEMENT ANSÄTZEN**  
**HOHER ORDNUNG**

**DIETER BOTHE:**  
**TRANSPORTPROZESSE AN**  
**FLUIDEN GRENZFLÄCHEN**

**JUNGE WISSENSCHAFTLER:**  
**ROBERT SEIFRIED**  
**UND MAX WARDETZKY**

**2/2011**

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

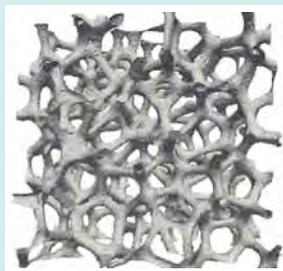
Gestaltung:  
 Dr. Hein Werbeagentur GmbH, Köln  
 www.heinagentur.de

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

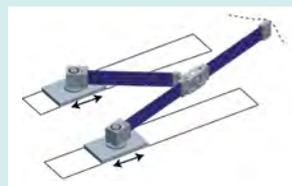
Alle Rechte bei den Autoren.

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

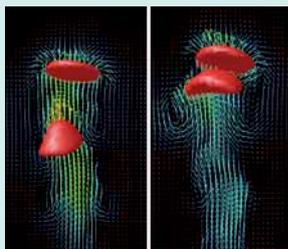
**4 Vorstand der GAMM**



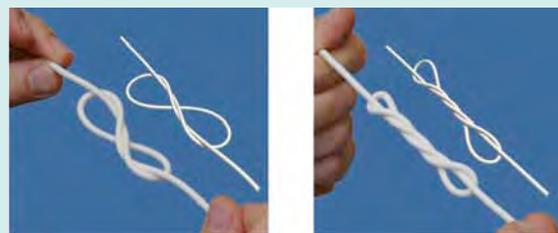
**6 Die Finite Cell Methode – Eine Fictitious Domain Methode mit Finite-Element Ansätzen hoher Ordnung**  
 von Alexander Düster und Ernst Rank



**15 Steckbrief Robert Seifried**



**18 Transportprozesse an fluiden Grenzflächen**  
 von Dieter Bothe



**27 Steckbrief Max Wardetzky**

**30 Opening address at GAMM 2011**  
 Volker Mehrmann

**31 82. GAMM-Jahrestagung**  
 Martin Schanz, Graz

**32 Richard-von-Mises-Preis der GAMM 2012**

**34 Beschlussprotokoll zur Hauptversammlung 2011**

**35 Bericht des Präsidenten Hauptversammlung GAMM 2011**

**36 Wahlen zum Vorstandsrat**  
 Elektronische Wahl

**37 In Memoriam - Professor Dr. em. Klaus Kirchgässner**

**Personalia**

**Programmkomitee der GAMM Jahrestagung 2013 in Novi Sad**

**38 GAMM-Ehrenmitgliedschaft Erwin Stein**

**39 Aufruf zur Einreichung von Förderanträgen aus Mitteln der „Dr. Klaus Körper Stiftung“**

**Wissenschaftliche Veranstaltungen**



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

im zweiten Rundbrief 2011 stellen uns Alexander Düster und Ernst Rank in ihrem Leitartikel „Die finite Cell Methode - eine fictitious Domain Methode mit Finite-Element-Ansätzen hoher Ordnung“ eine Methode vor, die dem Aufwand von Struktur-Vernetzungen mit einem hohen Detaillierungsgrad Rechnung trägt. Die mit einer sehr feinen FEM Teilgebiets-Diskretisierung einhergehende starke Zunahme an Freiheitsgraden kann unter Zuhilfenahme der so genannten finiten Zellen umgangen werden, da mit diesen ein fiktives strukturiertes Netz erzeugt wird, in dem das physikalische Gebiet eingebettet wird.

Dieter Bothe gibt uns in seinem Artikel „Transportprozesse an fluiden Grenzflächen“ einen Einblick in die Modellierung von Austauschprozessen zwischen verschiedenen Phasen. Eine wissenschaftliche Herausforderung liegt hierbei im mehrskaligen und multi-physikalischen Charakter der in diesem Rahmen zu beschreibenden ingenieurwissenschaftlichen Anwendungen.

In den Steckbriefen stellen sich in der aktuellen Ausgabe Robert Seifried und Max Wardetzky vor. Herr Seifried ist Juniorprofessor für „Multibody System Dynamics“ im Exzellenzcluster Simulation Technology (SimTech) und am Institut für Technische und Numerische Mechanik der Universität Stuttgart. Herr Wardetzky forscht als Juniorprofessor am Institut für Numerische und Angewandte Mathematik der Georg-August-Universität Göttingen. Dort leitet er die Nachwuchsgruppe „Diskrete Differentialgeometrie“, welche im Rahmen der Exzellenzinitiative gefördert wird.

Die 82. Jahrestagung der GAMM wurde an der Technischen Universität Graz ausgerichtet, deren Erfolg auf die hervorragende Organisation zurückzuführen ist und durch die Teilnahme von 930 internationalen Wissenschaftlern aus 32 Ländern mit ca. 780 Vorträgen, 10 Hauptvorträgen und 12 Minisymposia dokumentiert wurde. Die Eröffnungsrede zur GAMM-Jahrestagung von Volker Mehrmann, eine Zusammenfassung der wesentlichen Eckpunkte der Tagung von Martin Schanz, die Laudatio auf Oliver Röhrle von Wolfgang Ehlers 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 Einsendung von Beiträgen schicken Sie bitte 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 A. Düster, E. Rank und D. Bothe für ihre ansprechenden Artikel, bei R. Seifried und M. Wardetzky für die Verfassung der Steckbriefe und bei den Organisatoren der 82. Jahrestagung für die Ausführungen zu derselben. 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 2011.

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

**Vizepräsident:** **Prof. Peter Wriggers**  
Leibniz Universität Hannover  
Institut für Kontinuumsmechanik  
Appelstraße 11, 30167 Hannover

**Sekretär:** **Prof. Michael Kaliske**  
Technische Universität Dresden  
Institut für Statik und Dynamik der  
Tragwerke, Fakultät Bauingenieurwesen,  
01062 Dresden

**Vizesekretär:** **Prof. Wolfgang Ehlers**  
Universität Stuttgart, Institut für  
Mechanik (Bauwesen), Lehrstuhl II,  
Pfaffenwaldring 7  
70569 Stuttgart

**Schatzmeister:** **Prof. Michael Günther**  
Bergische Universität Wuppertal  
Fachbereich C – Fachgruppe  
Mathematik, Lehrstuhl für Angewandte  
Mathematik/Numerik,  
Gaußstraße 20, 42119 Wuppertal

#### Weitere Mitglieder des Vorstandsrates

**Prof. Andreas Griewank**  
Humboldt Universität zu Berlin  
Institut für Mathematik,  
Unter den Linden 6, 10099 Berlin

**Prof. Peter Benner**  
Max Planck Institute for Dynamics of  
Complex Technical Systems,  
Sandtorstraße 1, 39106 Magdeburg

**Prof. Sergio Conti**  
Universität Bonn, Institut für Angewandte Mathematik,  
Endenicher Allee 60, 53115 Bonn

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

**Prof. Lars Grüne**  
Universität Bayreuth,  
Mathematisches Institut,  
Universitätsstr. 30, 95440 Bayreuth

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

**Prof. Stefanie Reese**  
RWTH Aachen  
Institut für Angewandte Mechanik  
Mies-van-der-Rohe-Str. 1, 52074 Aachen

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

**Prof. Gerhart Schuëller**  
Leopold-Franzens-Universität Innsbruck  
Institut für Mechanik, Technikerstraße 13,  
6020 Innsbruck, Österreich

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

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

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

#### Beratende Mitglieder des Vorstandsrates

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

**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. em. Dr. rer. nat. 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. Margareta Heilmann**  
Bergische Universität Wuppertal  
Fachbereich 7 - Mathematik

**Prof. Bernd Tibken**  
Bergische Universität Wuppertal  
Elektrotechnik und Informationstechnik

# RUNDBRIEF READERS

Save 30% on these SIAM titles:

## Graph Algorithms in the Language of Linear Algebra

Jeremy Kepner and John Gilbert, Editors

*Software, Environments, and Tools 22*

This book discusses the field of graph algorithms, one of the pillars of theoretical computer science, informing research in such diverse areas as combinatorial optimization, complexity theory, and topology. The authors show how to leverage existing parallel matrix computation techniques and the large amount of software infrastructure that exists for these computations to implement efficient and scalable parallel graph algorithms.

2011 • xxviii + 342 pages • Hardcover • ISBN 978-0-898719-90-1  
List Price \$110.00 • RUNDBRIEF Reader Price \$77.00 • Order Code SE22

## Dynamics with Inequalities: Impacts and Hard Constraints

David E. Stewart

This is the only book that comprehensively addresses dynamics with inequalities. The author develops the theory and application of dynamical systems that incorporate some kind of hard inequality constraint, such as mechanical systems with impact; electrical circuits with diodes; and social and economic systems that involve natural or imposed limits. The book demonstrates that hard limits—eschewed in most dynamical models—are natural models for many dynamic phenomena.

2011 • xiv + 387 pages • Softcover • ISBN 978-1-611970-70-8  
List Price \$99.00 • RUNDBRIEF Reader Price \$69.30 • Order Code OT123

## Semismooth Newton Methods for Variational Inequalities and Constrained Optimization Problems in Function Spaces

Michael Ulbrich

*MOS-SIAM Series on Optimization 11*

This book strikes a balance between thoroughly developed theory and numerical applications. Although largely self-contained, it also covers recent developments in the field, such as state-constrained problems, and offers new material on topics such as improved mesh independence results. The theory and methods are applied to a range of practically important problems, including optimal control of semilinear elliptic differential equations, obstacle problems, and flow control of instationary Navier–Stokes fluids.

2011 • xii + 310 pages • Softcover • ISBN 978-1-611970-68-5  
List Price \$99.00 • RUNDBRIEF Reader Price \$69.30 • Order Code MO11

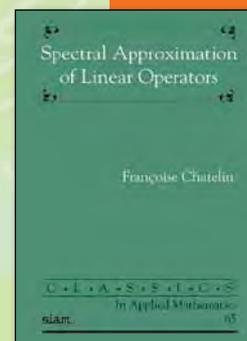
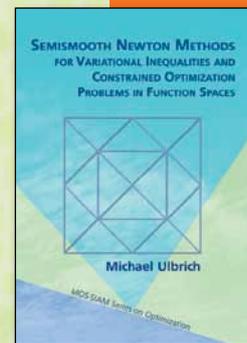
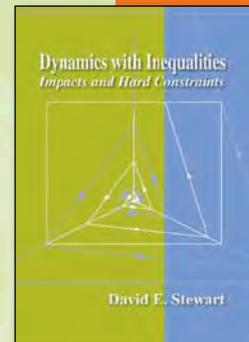
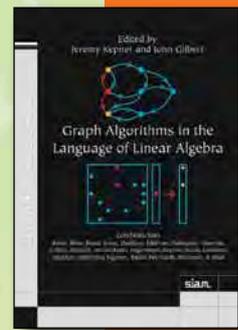
## Spectral Approximation of Linear Operators

Françoise Chatelin

*Classics in Applied Mathematics 65*

This classic textbook provides a unified treatment of spectral approximation for closed or bounded operators as well as for matrices. Despite significant changes and advances in the field since it was first published in 1983, the book continues to form the theoretical bedrock for any computational approach to spectral theory over matrices or linear operators.

2011 • xxviii + 458 • Softcover • ISBN 978-0-898719-99-4  
List Price \$75.00 • SIAM Member Price \$52.50 • Order Code CL65



**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. BKGMI1, 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). 6/11\_1

Be sure to enter code "BKGMI1" to get special discount price.

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

# DIE FINITE CELL METHODE – EINE FICTITIOUS DOMAIN METHODE MIT FINITE-ELEMENT ANSÄTZEN HOHER ORDNUNG

VON ALEXANDER DÜSTER UND ERNST RANK

## Finite-Elemente Ansätze hoher Ordnung

Die Finite-Element-Methode (FEM) stellt sicherlich das wichtigste numerische Verfahren zur Lösung von Problemen dar, die in vielfältiger Form in den verschiedenen ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen auftreten. So werden heutzutage Wärmeleitungsprobleme, strukturelle Fragestellungen oder auch strömungsmechanische Probleme routinemäßig mit der FEM gelöst. Den Kern der FEM stellt dabei die Diskretisierung des betrachteten Gebietes dar. Hinsichtlich der Strategie, mit der die Konvergenz der FEM gegen die exakte Lösung des zugrundeliegenden mathematischen Modells erzielt werden kann, unterscheidet man zwischen der  $h$ -,  $p$ - und  $hp$ -Version der FEM [1-4] (auch  $h$ -,  $p$ -,  $hp$ -Extension). Während bei der  $h$ -Version der FEM das Netz lokal oder global verfeinert wird, geht man bei der  $p$ -FEM [1] von einem feststehenden Netz aus und erhöht lokal oder global den Polynomgrad der finiten Elemente. Eine Kombination der beiden vorgenannten Methoden führt auf die  $hp$ -FEM. FE-Ansätze hoher Ordnung ( $p$ -,  $hp$ -Methoden) stellen aufgrund ihrer hohen Konvergenzraten sowie ihrer Robustheit gegenüber Locking und Netzverzerrung eine attraktive Alternative zur  $h$ -FEM dar.

In Bild 1 ist eine Klassifizierung der unterschiedlichen Verfeinerungsstrategien dargestellt. Dabei ist der Fehler in der Energienorm über der Anzahl der Freiheitsgrade in einem doppeltlogarithmischen Diagramm aufgetragen. Beinhaltet die exakte Lösung des mathematischen Problems eine Singularität, deren Stärke durch den Parameter  $\lambda$  charakterisiert werden kann [1], dann führen die  $h$ - und  $p$ -Verfeinerung auf eine *algebraische Konvergenz*, die in Bild 1 durch eine Gerade mit der Steigung  $\beta$  gekennzeichnet ist. Die deutlich effizientere *exponentielle Konvergenz* kann hingegen erzielt werden, wenn im Falle eines Problems mit einer glatten Lösung die  $p$ -Version angewandt wird oder wenn für ein Problem mit einer Singularität die  $hp$ -Version verwendet

wird, bei der das Netz mit einer geometrischen Progression auf die singuläre Stelle hin verfeinert wird [1].

Bei der  $p$ - und  $hp$ -Version der FEM werden meist hierarchische Ansatzfunktionen verwendet, die für Probleme der Strukturmechanik z.B. mit Hilfe von integrierten Legendre Polynomen formuliert werden. In Bild 2 sind diese für ein Viereckelement nach Szabo und Babuska [1] exemplarisch dargestellt. Um die Stetigkeit des Ansatzes, insbesondere bei  $p$ -adaptiven Ansätzen leichter gewährleisten zu können, werden die Ansatzfunktionen bezüglich der Topologie des Elements gruppiert, was in dem betrachteten Beispiel zu der Unterscheidung von *nodal*, *edge* und *bubble modes* führt. Ansatzfunktionen für Hexaederelemente können ähnlich wie in 2D aus Tensorprodukten der 1D Ansatzfunktionen gewonnen werden. Für die Beschreibung der Geometrie der Elemente wird oft die sogenannte Blending-Funktionen Methode verwendet [1,3,5], die es ermöglicht, komplex berandete Berechnungsgebiete mit wenigen Elementen sehr genau zu beschreiben.

## Die Finite Cell Methode

Trotz des überwältigenden Erfolgs der FEM gibt es Problemstellungen, die mit Hilfe der FEM nicht oder nur wenig zufriedenstellend gelöst werden können. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn die Geometrie des Berechnungsgebiets zu Schwierigkeiten bei der Netzgenerierung führen würde. Diese Problematik tritt z.B. dann auf, wenn eine Struktur einen Detaillierungsgrad aufweist, der eine sehr kleine Elementgröße erzwingt und damit zu einer sehr großen Anzahl von Freiheitsgraden führen würde, oder auch wenn sich die Geometrie während der Berechnung des Problems sehr verändert. Solche Probleme liegen z.B. bei der Simulation von stark heterogenen bzw. mikrostrukturierten Materialien oder bei Fragestellungen der Topologieoptimierung vor. Ferner ist es wünschenswert, ausgehend von voxelbasierten Modellen, die mit Hilfe von bildgebenden Verfahren

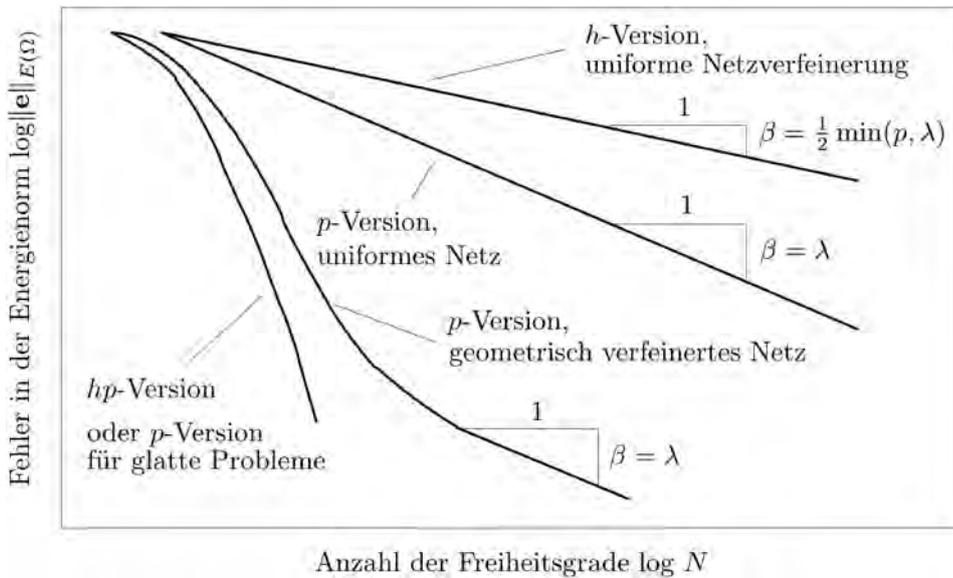


Abbildung 1: Klassifizierung der Konvergenzraten der FEM für zweidimensionale Probleme der Elastostatik.

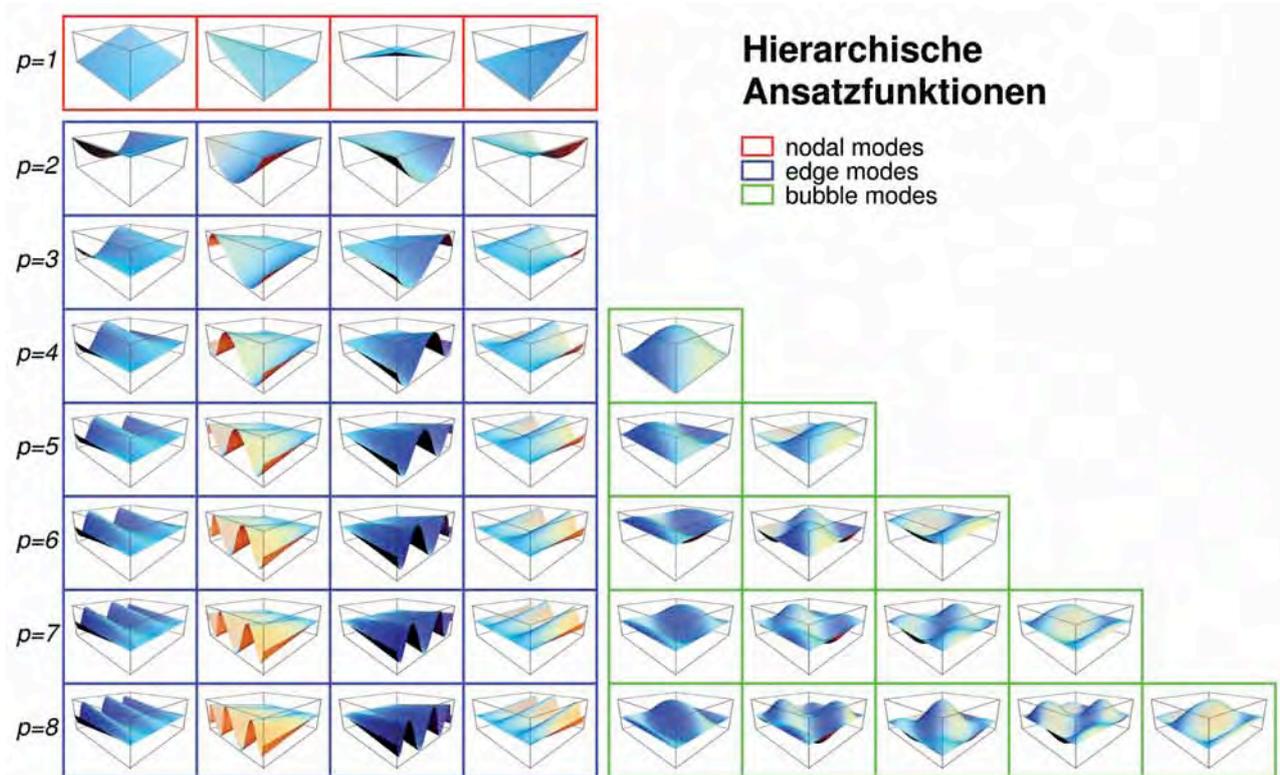


Abbildung 2: Hierarchische Ansatzfunktionen für Viereckelemente.

wie z.B. der Computertomografie (CT) erzeugt wurden, schnell effiziente Diskretisierungen ableiten zu können, um hiermit z.B. effektive Eigenschaften von heterogenen Materialien zu ermitteln, oder patientenspezifische Daten im Rahmen einer biomechanischen Simulation zur Vorbereitung von orthopädischen Eingriffen zu berücksichtigen.

Die Finite Cell Methode (FCM) [6,7], die eine Kombination von Fictitious Domain Methoden [8,9] mit FE-Ansätzen hoher Ordnung repräsentiert, stellt hinsichtlich der vorgenannten Probleme der FEM einen vielversprechenden Lösungsansatz dar. Die einfache Grundidee der FCM ist in Bild 3 für ein Problem der Elastostatik in zwei Raumdimensionen illustriert. Das

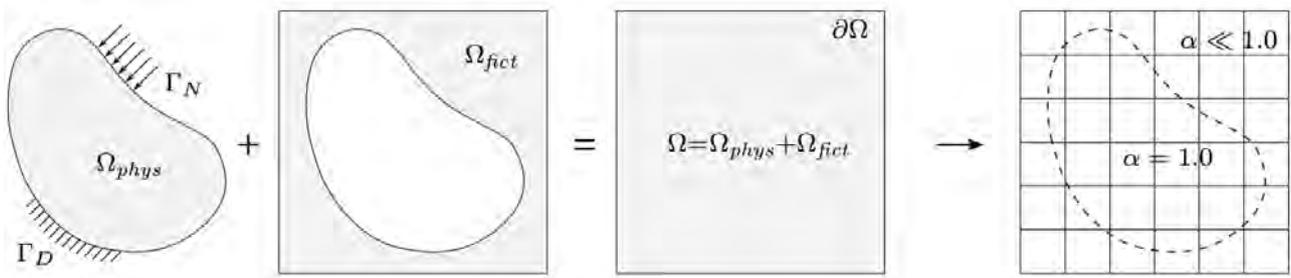


Abbildung 3: Bei der FCM wird das physikalische Gebiet  $\Omega_{phys}$  in ein erweitertes Gebiet eingebettet, das leicht vernetzt werden kann.

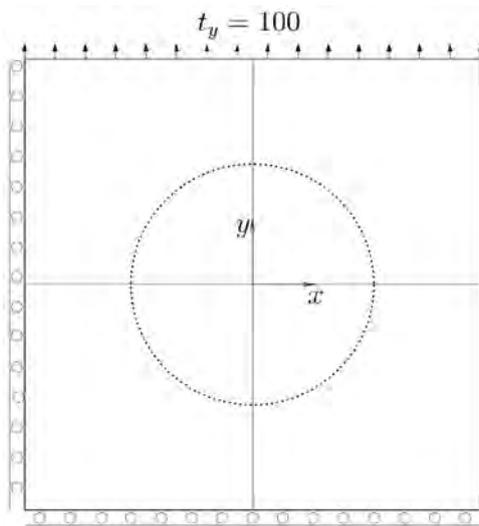
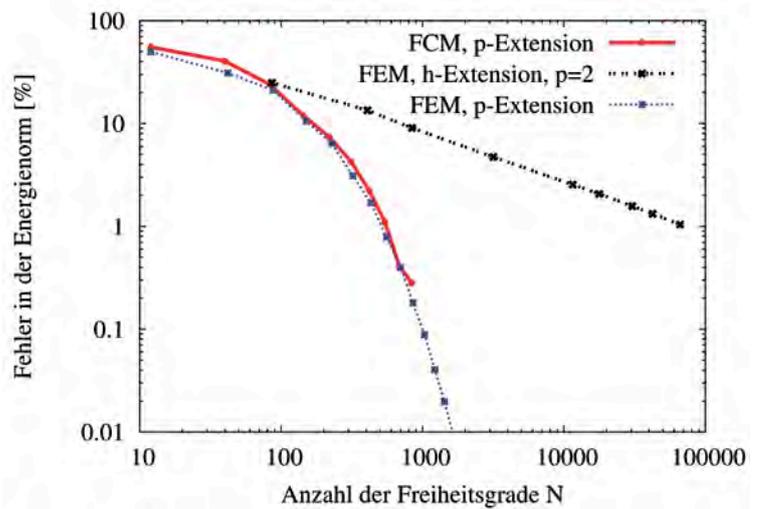


Abbildung 4: a) Scheibe mit Loch



b) Konvergenz in der Energienorm für h- und p-Extension der FCM

physikalische Gebiet  $\Omega_{phys}$ , auf dem die schwache bzw. variationelle Formulierung des betrachteten Problems näherungsweise zu lösen ist, wird in ein erweitertes (fiktives) Gebiet eingebettet, das sich mit Hilfe eines strukturierten Netzes bestehend aus Vierecken einfacher Gestalt sehr leicht und schnell vernetzen lässt. Auf diesen Zellen werden hierarchische Ansatzfunktionen definiert, die eine  $p$ -Extension ermöglichen. Da diese Vierecke – im Gegensatz zur FEM – nicht der Geometrie des physikalischen Gebiets  $\Omega_{phys}$  angepasst sind, bezeichnen wir sie als *finite Zellen* (finite cells), um den Unterschied zu finiten Elementen zu verdeutlichen. Um nun aber doch das physikalische Gebiet des zu lösenden Problems zu erfassen, wird während der Berechnung der Steifigkeitsmatrizen bzw. der Lastvektoren, die für die Vierecke des FCM Netzes durchzuführen ist, auf Integrationspunktebene die Geometrie berücksichtigt.

Liegt ein Integrationspunkt im Gebiet  $\Omega_{phys}$ , so wird der entsprechende Beitrag berücksichtigt, liegt er außerhalb, so wird er zu Null gesetzt. Diese Vorgehensweise kann auch mit der Multiplikation des Integranden der schwachen Form mit einer Indikatorfunktion  $\alpha$  realisiert werden. Im Gebiet  $\Omega_{phys}$  gilt  $\alpha=1$ , außerhalb  $\alpha=0$ . Auf diese Weise wird die schwache Form nur auf dem Gebiet  $\Omega_{phys}$  integriert. Um jedoch Konditionsprobleme des resultierenden Gleichungssystems zu vermeiden, wird statt  $\alpha=0$  ein sehr kleiner Wert von  $\alpha=1.0E-08, \dots, 1.0E-12$  verwendet. Zellen die vollständig außerhalb des Gebietes  $\Omega_{phys}$  liegen, können ignoriert werden. Die FCM ermöglicht somit die sehr einfache Diskretisierung von Problemen mit komplexer Geometrie. Die Probleme der Gittergenerierung werden dabei in eine *Integrationsaufgabe* überführt, die zellweise mit adaptiven Integrationsverfahren vollautomatisch unter

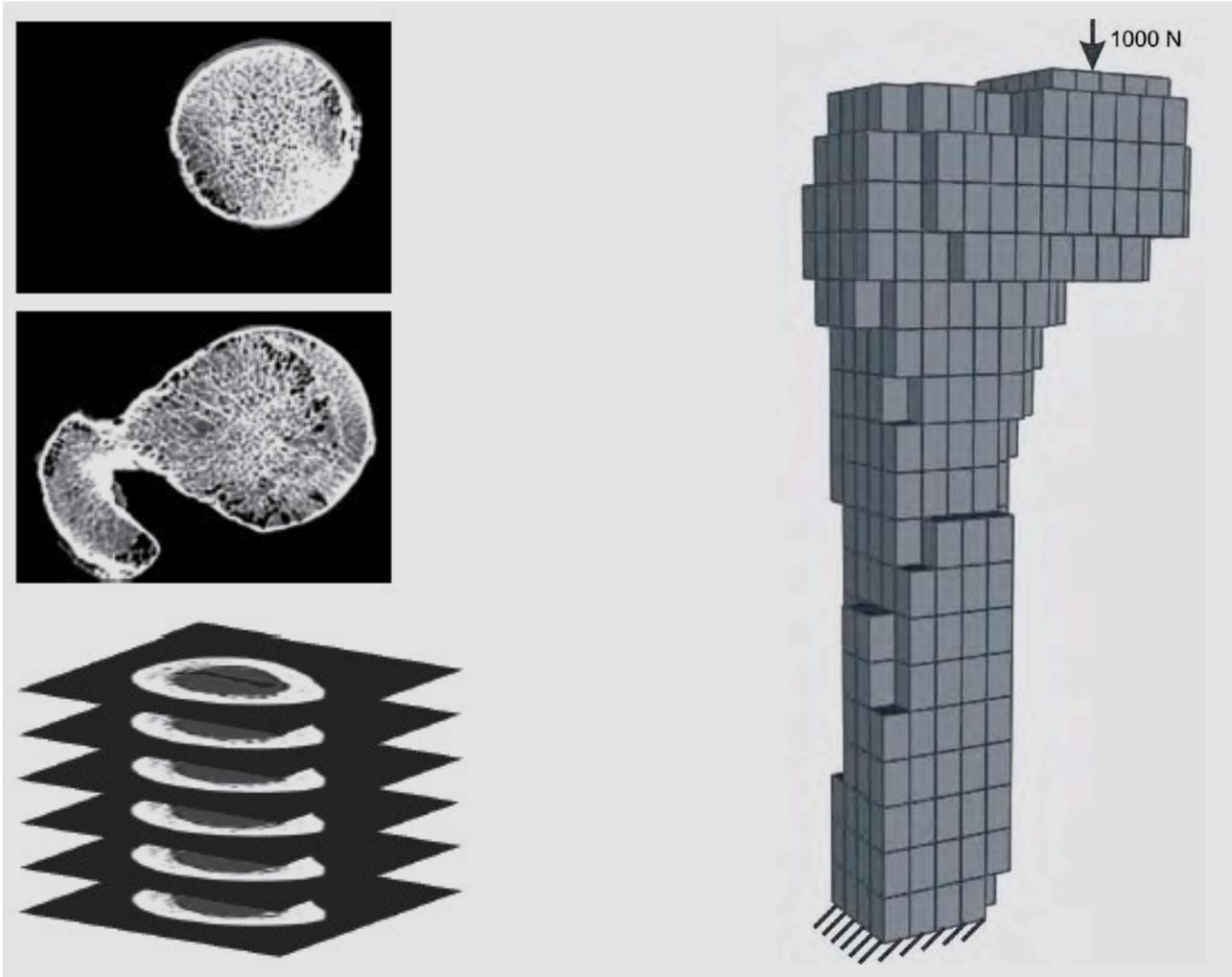


Abbildung 5: a) qCT-Scan eines Oberschenkelknochens

b) Diskretisierung des Oberschenkelknochens mit Hilfe der FCM [13,14]

Verwendung von geeigneten Algorithmen leicht gelöst werden kann. *Lokale Verfeinerungen* des Ansatzes sind durch die (adaptive) Kontrolle des Polynomgrades möglich. Hierzu werden die in dem vorhergehenden Abschnitt erläuterten hierarchischen Ansatzfunktionen verwendet, die - falls aufgrund der fehlenden Regularität der Lösung erforderlich - mit Hilfe der *hp-d* Methode mit Ansatzfunktionen niedriger Ordnung hierarchisch angereichert werden können [10]. Alternativ können jedoch auch - ähnlich wie bei der Isogeometric Analysis [11] - B-Splines als Ansatzfunktionen verwendet werden [12,13]. Da der Rand von  $\Omega_{phys}$  im Allgemeinen nicht mehr mit dem Rand von finiten Zellen zusammenfällt, ist hierfür eine spezielle Vorgehensweise erforderlich. Die Berücksichtigung von *inhomogenen Neumann Randbedingungen* erfolgt durch Integration der Linearform über den entsprechenden Rand, der

dafür in einer parametrisierten Form vorliegen muss [7]. Natürliche Randbedingungen stellen sich automatisch ein, wenn kein Randintegral angebracht wird. *Dirichlet Randbedingungen* können in der FCM mit Hilfe von Projektionsmethoden oder unter Verwendung der Nitsche Methode aufgebracht werden [13,14].

Es sei betont, dass das Diskretisierungskonzept der FCM eng verwandt mit lange bekannten Fictitious Domain Methoden ist [8,9], allerdings durch die Kombination mit Ansätzen hoher Ordnung zu einer überraschenden Effizienz und Genauigkeit führt. Dies wird an einem ersten Beispiel einer Scheibe mit Loch deutlich, in dem die *p*-Extension der FCM mit lediglich vier Zellen, die *nicht* der Geometrie angepasst sind, mit einer klassischen *h*- sowie einer *p*-Extension der FEM verglichen wird, s. Bild 4. Die Konvergenz in der Energienorm ist ebenfalls in Bild 4 dargestellt. Obwohl die

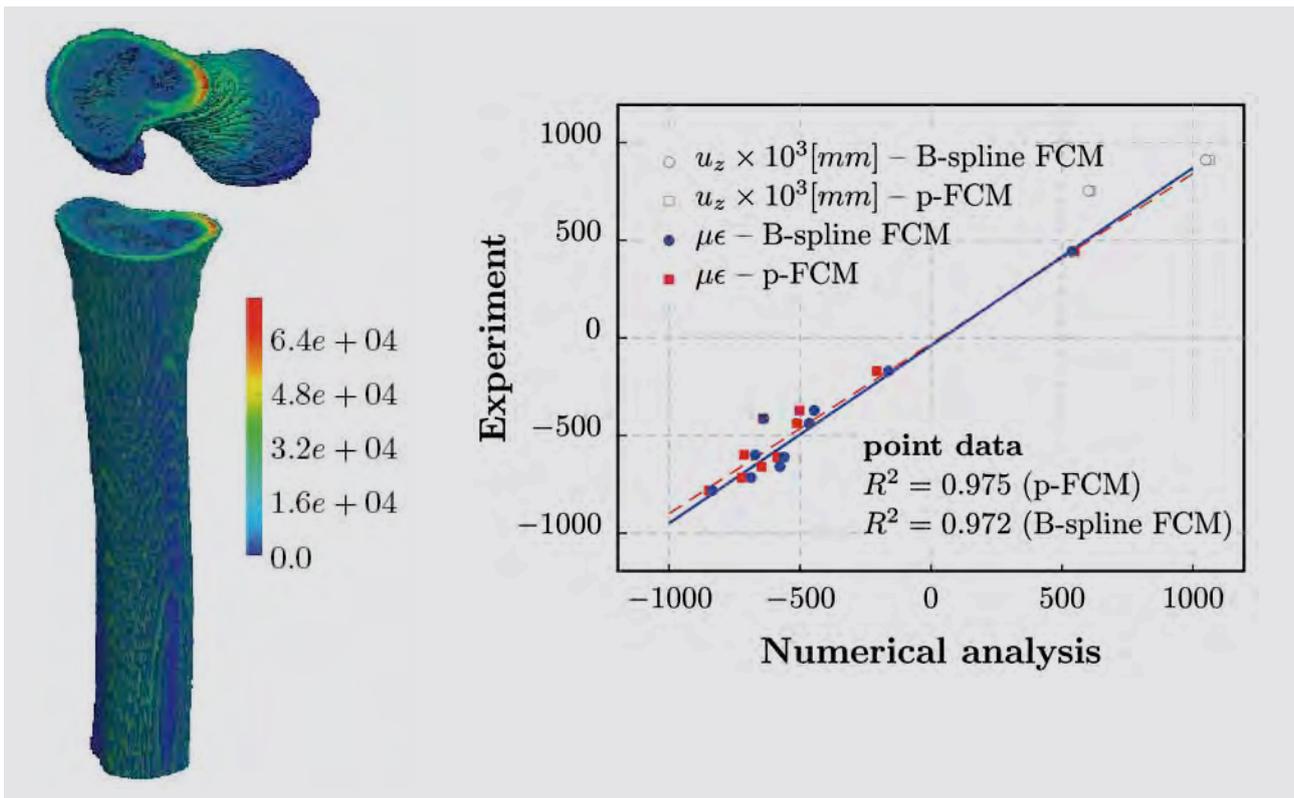


Abbildung 6: a) Äquivalente Verzerrung  $[\mu\epsilon]$  des Oberschenkelknochens

b) Vergleich der FCM Berechnungsergebnisse mit experimentell ermittelten Werten [13,14]

vier Zellen *nicht* der Geometrie des Loches folgen, zeigt die  $p$ -Extension der FCM die von der  $p$ -Version der FEM her bekannte exponentielle Konvergenz, so dass die beiden Konvergenzkurven nahezu aufeinander liegen. Zu beachten ist, dass mit etwa 500 Freiheitsgraden eine Genauigkeit von 1 % erzielt wird, was mit der in der Graphik dargestellten  $h$ -Extension mit einem Polynomgrad von  $p=2$  einen um Größenordnungen höheren Aufwand erfordern würde.

Im nachfolgenden Abschnitt werden einige komplexere Anwendungsbeispiele vorgestellt, welche die wesentlichen Eigenschaften und möglichen Einsatzgebiete der FCM verdeutlichen sollen.

### Anwendungsbeispiele

Ein besonders vielversprechendes Anwendungsgebiet der FCM sind Problemstellungen, bei denen die Geometrie sehr komplex ist und in einer Form vorliegt, die den Einsatz von Netzgeneratoren zur Diskretisierung mit finiten Elementen nicht oder nur mit erheblichen zusätzlichen Aufwand ermöglicht und dabei zu sehr feinen FE-Netzen führen würde. In Bild 5 a) ist der qCT-Scan eines Oberschenkelknochens dargestellt, der

in einer voxelbasierten Form Auskunft über die Dichte des Knochens gibt und mit Hilfe weiterer empirischer Gesetze die Berechnung der elastischen Materialeigenschaften ermöglicht. Ausgehend von diesem qCT-Scan kann vollautomatisch ein FCM Gitter abgeleitet werden, s. Bild 5 b).

Zu beachten ist, dass im Gegensatz zu herkömmlichen ‚Voxel-Finite-Element-Methoden‘ ein Voxel *nicht* einem Element entspricht, sondern dass eine Vielzahl von Voxel (im Beispiel  $10 \times 10 \times 5$  Voxel) das inhomogene Material innerhalb einer Zelle beschreiben. Basierend auf diesem FCM Gitter kann in Kombination mit dem qCT-Scan eine Berechnung der Deformationen und Spannungen des Oberschenkelknochens für eine gegebene Belastung mit einer  $p$ -Extension erfolgen [13-15]. Dieses Vorgehen ermöglicht es somit, patientenspezifische Daten für eine *biomechanische Analyse* zu verwenden, um hiermit z.B. ein besseres Verständnis des mechanischen Verhaltens des Knochens zu erlangen, oder gar einen orthopädischen Eingriff besser planen zu können. In Bild 6 sind Ergebnisse einer biomechanischen Berechnung eines Oberschenkelknochens mit Hilfe der FCM dargestellt. Ein Vergleich der Verschiebungen

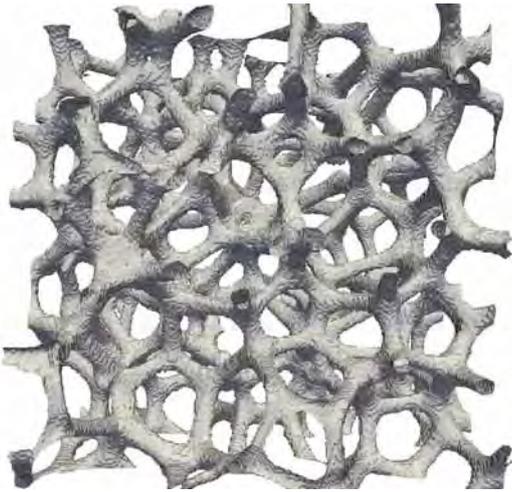
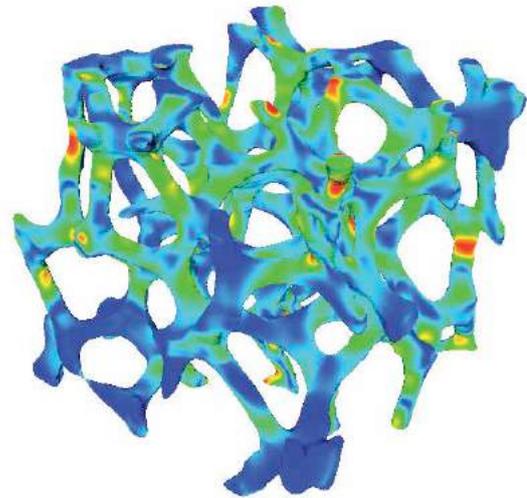


Abbildung 7: a) CT-Scan eines Aluminiumschaums



b) von Mises Spannungen (Ausschnitt) bei geometrisch nichtlinearer Berechnung mit der FCM [13,19,20]

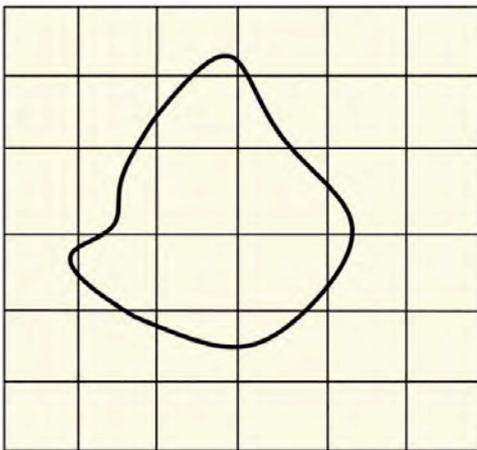
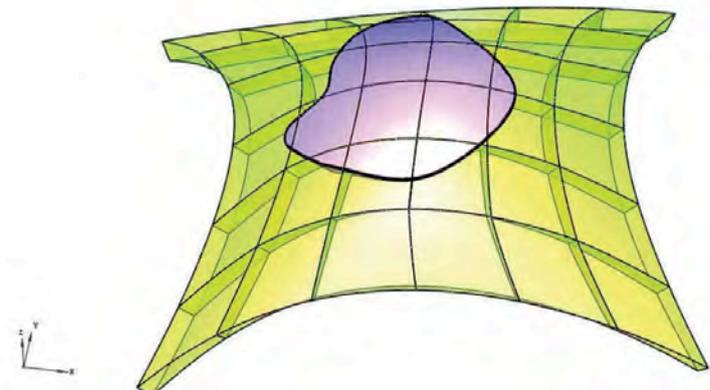


Abbildung 8: a) FCM Gitter in Parameter-Ebene



b) Abbildung des 2D FCM Gitters in ein 3D Hexaedernetz [21]

und Verzerrungen mit experimentell ermittelten Ergebnissen zeigt eine sehr gute Übereinstimmung. Da kein Finite-Element-Netz generiert werden muss und durch Vorintegration von Elementmatrizen eine sehr effiziente Implementierung möglich ist, kann die FCM sogar im Rahmen eines Computational Steering Ansatzes zur interaktiven Simulation von biomechanischen Problemstellungen eingesetzt werden. Diese Vorgehensweise ist in [16] am Beispiel der Planung eines Hüftgelenkersatzes erläutert.

Die Berechnung von heterogenen und geschäumten Materialien stellt aufgrund der Komplexität der Mikrostruktur eine große Herausforderung dar. Zur Erfassung des Materialverhaltens werden meist numerische

Homogenisierungsverfahren [17] verwendet, die eine Berechnung eines repräsentativen Elementarvolumens (REV) erfordern. Die Diskretisierung des REV kann ähnlich wie bei der weiter oben beschriebenen Vorgehensweise erfolgen. Ausgehend von einem CT-Scan, s. Bild 7 a), wird automatisch ein FCM Gitter erzeugt, für das wiederum eine  $p$ -Extension und somit eine fehlerkontrollierte Analyse durchgeführt werden kann. In Bild 7 b) ist hierfür exemplarisch die von Mises Spannung einer geometrisch nichtlinearen Berechnung dargestellt [10,13]. Die von der FEM bekannten Lösungsstrategien für nichtlineare Probleme [18] lassen sich dabei auch in modifizierter Variante auf die FCM übertragen. Basierend auf der extrem hohen mikroskopischen Auf-

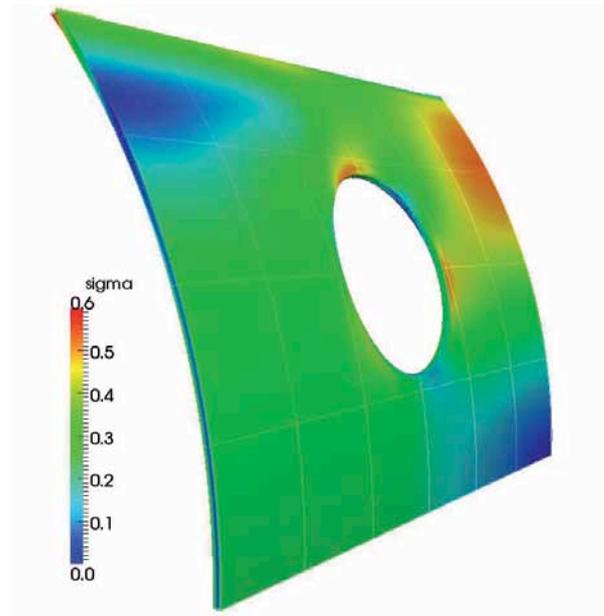
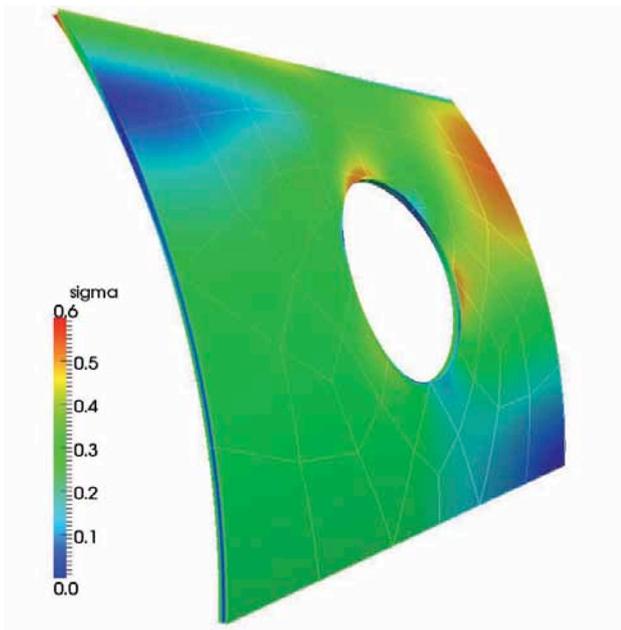


Abbildung 9: von Mises Spannung einer gekrümmten Schale mit Loch.  
a) Mit  $p$ -FEM,

b) mit FCM berechnet.

lösung der FCM Diskretisierung wurde eine numerische Homogenisierungsmethode entwickelt, mit der effektive Eigenschaften von heterogenen und geschäumten Materialien sehr genau ermittelt werden können [19,20]. Somit ist es möglich, ingenieurrelevante Strukturen, die aus heterogenen oder geschäumten Werkstoffen bestehen, mit Hilfe der zuvor ermittelten effektiven Eigenschaften mit der FEM oder auch der FCM zu berechnen.

Ein weiteres Anwendungsgebiet der FCM ist die *Diskretisierung dünnwandiger Strukturen*. Hierfür wurden bereits in früheren Arbeiten im Rahmen der  $p$ -FEM anisotrope Hexaederelemente mit Verschiebungsansätzen unterschiedlichen Polynomgrades bezüglich der drei lokalen Richtungen des Elementes zur effizienten Diskretisierung von dreidimensionalen schalenartigen Strukturen erfolgreich eingesetzt [1,3,5]. Die Idee der FCM für schalenartige Strukturen ist in Bild 8 skizziert. Die Vernetzung erfolgt in der zweidimensionalen Parameterebene mit einem strukturierten Gitter. Dieses Gitter wird dann mit Hilfe einer Abbildungsfunktion in den dreidimensionalen Raum abgebildet. Für diese Abbildungsfunktion kommen verschiedene Möglichkeiten in Frage. Neben polynomiellen Ansätzen können auch die in der Isogeometric Analysis [11] häufig verwendeten B-Splines oder NURBS zum Einsatz kommen. Während die Krümmung der schalenartigen Struktur mit der Abbildungsfunktion beschrieben wird, können lokale geometrische Details mit Hilfe der FCM, also wie oben beschrieben während der Integration der Steifigkeitsmatrizen berücksichtigt werden. Diese Vorgehenswei-

se vereinfacht den Vernetzungsprozess erheblich und ermöglicht somit auch eine Kombination der FCM mit der Idee der Isogeometric Analysis.

In Bild 9 ist die für eine ‚modifizierte Scordelis-Lo Schale mit Loch‘ berechnete von Mises Spannung dargestellt. Hierbei ist gegenüber der ursprünglichen Definition der Scordelis-Lo Schale diese um ein kreisrundes Loch erweitert, das die Verwendung der FCM verdeutlichen soll. Zu Vergleichszwecken wird eine sehr genaue Berechnung der Schale mit  $p$ -Elementen, die auch den gekrümmten Rand des Loches auflösen, herangezogen, s. Bild 9 a). Bei Verwendung der FCM ist die Schale mit  $6 \times 4$  Hexaederelementen vernetzt, die *nicht* der Geometrie des Loches folgen. Dennoch kann mit dieser Diskretisierung eine sehr genaue Lösung erzielt werden, s. auch [21]. Auf der Titelseite dieses Rundbriefs ist als weiteres Anwendungsbeispiel die Modalanalyse eines Geigendeckels dargestellt. Die Abbildung zeigt dabei eine Eigenform, wobei links die geometriekonforme Diskretisierung mit  $p$ -Elementen und rechts das verwendete FCM Gitter zu sehen ist.

Ein weiteres interessantes Anwendungsgebiet der FCM stellt die *Topologieoptimierung* dar, die in [22,23] für zwei- und dreidimensionale Probleme der Strukturmechanik beschrieben ist. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die FCM eine vielversprechende Diskretisierungsstrategie ist, die sich insbesondere für Anwendungsgebiete anbietet, bei denen ein Verzicht auf die Vernetzung in finite Elemente wünschenswert ist.

## Literatur

- [1] B. Szabo, I. Babuska. Finite Element Analysis, John Wiley & Sons, 1991.
- [2] Ch. Schwab.  $p$ - and  $hp$ -Finite Element Methods – Theory and Applications in Solid and Fluid Mechanics, Oxford University Press, 1998.
- [3] B. Szabo, A. Düster, E. Rank. The  $p$ -version of the finite element method. In: E. Stein, R. de Borst, T.J.R. Hughes, Editoren: Encyclopedia of Computational Mechanics, Volume 1: Fundamentals, Chapter 5, pp. 119-139, John Wiley & Sons, 2004.
- [4] L. Demkowicz. Computing with  $hp$ -adaptive finite elements, Vol. 1, one and two dimensional elliptic and Maxwell problems, Taylor & Francis Group, 2007.
- [5] A. Düster, H. Bröker, E. Rank. The  $p$ -version of the finite element method for three-dimensional curved thin walled structures. International Journal for Numerical Methods in Engineering, **52**:673-703, 2001.
- [6] J. Parvizian, A. Düster, E. Rank. Finite Cell Method:  $h$ - and  $p$ -extension for embedded domain problems in Solid Mechanics. Computational Mechanics, **41**:121-133, 2007.
- [7] A. Düster, J. Parvizian, Z. Yang, E. Rank. The Finite Cell Method for three-dimensional problems of solid mechanics, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, **197**:3768-3782, 2008.
- [8] M.A. Hyman. Non-iterative numerical solution of boundary-value problems. Appl. sci. Res., Section B, Vol. 2:325-351, 1952.
- [9] V.K. Saulev. On solution of some boundary value problems on high performance computers by fictitious domain method. Siberian Math. J., in Russian, Section B, 4:912-925, 1963.
- [10] D. Schillinger, A. Düster, E. Rank. The  $hp$ - $d$  adaptive Finite Cell Method for geometrically nonlinear problems of solid mechanics, International Journal for Numerical Methods in Engineering, accepted for publication, 2011.
- [11] J.A. Cottrell, T.J.R. Hughes, Y. Bazilevs. Isogeometric Analysis – Toward Integration of CAD and FEA, John Wiley & Sons, 2009.
- [12] D. Schillinger, M. Ruess, A. Düster, E. Rank. Large deformation analysis with the  $p$ - and B-spline versions of the Finite Cell Method, Part I: An improved geometrically nonlinear FCM formulation, Computational Mechanics, submitted, 2011.
- [13] D. Schillinger, M. Ruess, N. Zander, Y. Bazilevs, A. Düster, E. Rank. Large deformation analysis with the  $p$ - and B-spline versions of the Finite Cell Method, Part II: Unfitted Dirichlet boundary conditions, severe mesh distortion and application to complex voxel-based geometries, Computational Mechanics, submitted, 2011.
- [14] M. Ruess, D. Tal, N. Trabelsi, Z. Yosibash, E. Rank. The finite cell method for bone simulations: Verification and Validation, Biomechanics and Modeling in Mechanobiology, DOI: 10.1007/s10237-011-0322-2, 2011.
- [15] A. Düster, J. Parvizian, Z. Yang, E. Rank. A high order fictitious domain method for patient specific surgery planning. Proceedings of APCOM '07 in conjunction with EPMESC XI, Kyoto, Japan, December 3-6, 2007.
- [16] Z. Yang, S. Kollmannsberger, A. Düster, M. Ruess, E. Grande Garcia, R. Burgkart, E. Rank. Non-standard bone simulation: Interactive numerical analysis by computational steering, Computing and Visualization in Science, submitted, 2011.
- [17] T.I. Zhodi, P. Wriggers, Introduction to Computational Micromechanics, Springer-Verlag, 2005.
- [18] P. Wriggers, Nonlinear Finite Element Methods, Springer-Verlag, 2008.
- [19] H.-G. Sehlhorst, A. Düster, R. Jänicke, S. Diebels, E. Rank. Extraction of effective material parameters with application to sandwich structures, Proceedings in Applied Mathematics and Mechanics, submitted, 2011.
- [20] A. Düster, H.-G. Sehlhorst, E. Rank. Numerical homogenization of heterogeneous and cellular materials, Computational Mechanics, submitted, 2011.
- [21] E. Rank, S. Kollmannsberger, Ch. Sorger, A. Düster. Shell Finite Cell Method: A High Order Fictitious Domain Approach for Thin-Walled Structures, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, DOI: 10.1016/j.cma.2011.06.005, 2011.
- [22] A. Düster, J. Parvizian, E. Rank. Toplogy optimization based on the finite cell method. Proceedings in Applied Mathematics and Mechanics, **10**:151-152, 2010.
- [23] J. Parvizian, A. Düster, E. Rank. Toplogy Optimization using the Finite Cell Method. Optimization and Engineering, DOI: 10.1007/s11081-011-9159-x, 2011.



**Alexander Düster** Prof. Dr.-Ing. habil., studierte von 1990-1996 an der Universität Kassel Maschinenbau. Während seines Studiums verbrachte er ein Auslandssemester an der University of Manchester in England. Nach dem Studium begann er als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachgebiet für Numerische Methoden und Informationsverarbeitung an der TU Dortmund und wechselte 1997 gemeinsam mit Prof. Rank an die TU München. Im Jahr 2001 promovierte er über FE-Verfahren hoher Ordnung für nichtlineare Probleme der Strukturmechanik. Im Anschluss daran übernahm er die Leitung der Arbeitsgruppe Simulation in Applied in Mechanics am Lehrstuhl für Computation in Engineering und hielt Vorlesungen über numerische Methoden und FE-Verfahren im Bauingenieurwesen sowie im internationalen Master-Studiengang Computational Mechanics. 2004 und 2006 war er am Institute for Computational Engineering and Sciences der University of Texas at Austin, USA als Gastwissenschaftler tätig. Im Jahr 2006 habilitierte er sich an der TU München für das Fachgebiet Computational Engineering. Seit 2009 ist er Professor für Numerische Strukturanalyse mit Anwendungen in der Schiffstechnik an der TU Hamburg-Harburg und hält dort Vorlesungen zur numerischen Mechanik. Gegenstand seiner aktuellen Forschung sind numerische Homogenisierungsverfahren, Multiskalenprobleme der Strukturmechanik, gekoppelte Mehrfeldprobleme, Fluid-Struktur Interaktion, sowie nichtlineare FE-Verfahren hoher Ordnung.



**Ernst Rank**, Prof. Dr., (\*1954) forscht auf dem Gebiet der Numerischen Mechanik und der Bauinformatik. Im Zentrum stehen dabei Finite Elemente Methoden hoher Ordnung und die Verbindung von numerischer Berechnung mit geometrischer Modellierung. Das Ziel dabei ist, effiziente und intuitiv nutzbare Simulationsmethoden zur Optimierung technischer Produkte und Prozesse zu entwickeln.

Nach dem Studium der Mathematik und Physik an der LMU München promovierte Prof. Rank 1985 an der TUM, bevor er mit einem Forschungsstipendium bis 1986 in die USA ging. Auf eine Industrietätigkeit bei der SIEMENS AG folgte eine erste Professur an der Universität Dortmund, von der er 1997 an die TUM berufen wurde. Von 2002 bis 2008 war er erster Vizepräsident der TUM. Seit 2006 ist er Gründungsdirektor der „International Graduate School of Science and Engineering“ (IGSSE), seit 2007 Vorsitzender des Hochschulrats der TU Dortmund und seit 2008 Direktor der TUM Graduate School. Lehrstuhl: Computation in Engineering: <http://www.cie.bv.tum.de/de/home>

# RUNDBRIEF READERS

Save 30% on these SIAM titles:

## A First Course in Numerical Methods

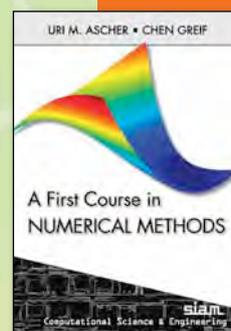
Uri M. Ascher and Chen Greif

*Computational Science and Engineering 7*

This new book is designed for students and researchers who seek practical knowledge of modern techniques in scientific computing. Avoiding encyclopedic and heavily theoretical exposition, it provides an in-depth treatment of fundamental issues and methods, the reasons behind the success and failure of numerical software, and fresh and easy-to-follow approaches and techniques. The authors focus on current methods, issues, and software while providing a comprehensive theoretical foundation.

2011 • xxii + 552 pages • Softcover • ISBN 978-0-898719-97-0

List Price \$95.00 • RUNDBRIEF Reader Price \$66.50 • Order Code CS07



## Multigrid Techniques:

### 1984 Guide with Applications to Fluid Dynamics, Revised Edition

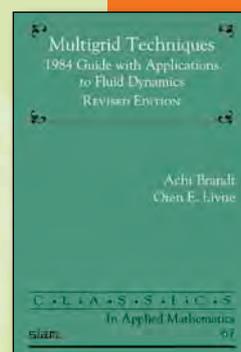
Achi Brandt and Oren Livne

*Classics in Applied Mathematics 67*

Starting from simple examples, this classic text guides the reader through practical stages for developing reliable multigrid solvers, methodically supported by accurate performance predictors. The revised edition presents discretization and fast solution of linear and nonlinear partial differential systems; treatment of boundary conditions, global constraints, and singularities; grid adaptation, high-order approximations, and system design optimization; applications to fluid dynamics, and more.

2011 • xxii + 218 pages • Softcover • ISBN 978-1-611970-74-6

List Price \$79.00 • RUNDBRIEF Reader Price \$55.30 • Order Code CL67



## Polynomial Based Iteration Methods for Symmetric Linear Systems

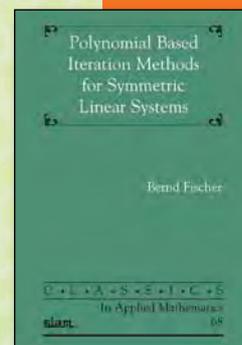
Bernd Fischer

*Classics in Applied Mathematics 68*

This is the only textbook that treats iteration methods for symmetric linear systems from a polynomial point of view. This particular feature enables readers to understand the convergence behavior and subtle differences of the various schemes, which are useful tools for the design of powerful preconditioners. This book presents what appear to be the most efficient methods for symmetric linear systems of equations.

2011 • 283 pages • Softcover • ISBN 978-1-611971-91-0

List Price \$85.00 • RUNDBRIEF Reader Price \$59.50 • Order Code CL68



## Implicit Filtering

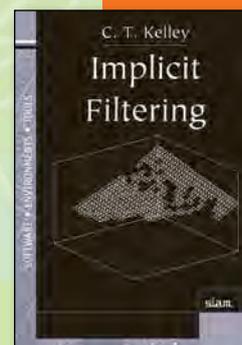
C. T. Kelley

*Software, Environments, and Tools 23*

Implicit filtering is a way to solve bound-constrained optimization problems for which derivative information is not available. The author describes the algorithm, its convergence theory, and a new MATLAB® implementation, and includes three case studies. This book is unique in that it is the only one in the area of derivative-free or sampling methods and is accompanied by publicly available software.

2011 • xiv + 172 pages • Softcover • ISBN 978-1-611971-89-7

List Price \$65.00 • RUNDBRIEF Reader Price \$45.50 • Order Code SE23



**siam** SOCIETY FOR INDUSTRIAL AND APPLIED MATHEMATICS

Be sure to enter code "BKGM11" to get special discount 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. BKGM11, 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).

6/11\_2

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

**Jun.-Prof. Dr.-Ing. Robert Seifried** schloss 2005 seine Promotion auf dem Gebiet der numerischen und experimentellen Stoßanalyse von Mehrkörpersystemen an der Universität Stuttgart ab. Im Anschluss war er in seiner Postdoc-Zeit unter Anderem mit einem Forschungsstipendium an der University of California in Berkeley tätig. Seit Herbst 2008 ist er Juniorprofessor für „Multibody System Dynamics“ am Exzellenzcluster Simulation Technology (SimTech) und dem Institut für Technische und Numerische Mechanik der Universität Stuttgart. Seine Forschungsinteressen liegen in der Modellierung, Regelung und Optimierung flexibler Mehrkörpersysteme, Stoß- und Kontaktmodellierungen sowie Simulationen basierend auf Diskrete-Elemente-Modellen. Ein Schwerpunkt seiner Arbeit ist die Verbindung von Simulations- und Experimentalergebnissen sowie die Umsetzung seiner Forschungsergebnisse in praxisrelevanten Ingenieur Anwendungen.

Seine wissenschaftliche Ausbildung begann Robert Seifried mit einem Maschinenbaustudium an der Universität Stuttgart, welches er 2001 abschloss. Für seine hervorragende Studienleistung wurde er mit dem Artur-Fischer Preis der Maschinenbau fakultäten der Universität Stuttgart ausgezeichnet. Im Rahmen eines integrierten Auslandsstudiums verbrachte Herr Seifried zuvor auch über ein Jahr am Georgia Institute of Technology in Atlanta, USA, wo er zusätzlich einen Master of Science in Engineering Science and Mechanics erlangte. Im Anschluss an seine Studienzeit begann Robert Seifried 2001 seine Promotion am damaligen Institut B für Mechanik der Universität Stuttgart unter Betreuung von Prof. Werner Schiehlen. In seiner Dissertation beschäftigte er sich mit der numerischen und experimentellen Stoßanalyse in Mehrkörpersystemen. Die Modellierung und Simulation von Stößen basiert oft auf dem Konzept der Stoßzahl zur Beschreibung des kinetischen Energieverlusts während des Stoßes, welcher im Allgemeinen durch teure Messungen abgeschätzt wird. Daher wurde in der Dissertation zur numerischen Bestimmung der Stoßzahl ein auf Mehrskalensimulationen basierendes Verfahren entwickelt [1]. Hierzu werden modal reduzierte Modelle mit lokalen Kontaktmodellen kombiniert, welche eine bedeutend bessere numerische Effizienz als reine nichtlineare Finite-Elemente-Modelle haben. Damit können nun alle wesentlichen Effekte während des Stoßes wie plastische Verformung und Wellenausbreitung abgebildet werden. Somit ist es möglich, die Stoßzahl effizient und zuverlässig numerisch zu bestimmen und den Einfluss wichtiger Stoßparameter zu spezifizieren [2]. Beispielsweise wurde beim Querstoß auf einen Balken nachgewiesen, dass Mehrfachstöße innerhalb sehr kurzer Zeit auftreten und zu einem chaotischen Stoßverhalten führen. Die entwickelten Modelle und Methoden zur Stoßanalyse fanden schon mehrfach Einsatz in technischen Anwendungsprojekten, wie beispielsweise der Untersuchung von Schlagbohrmaschinen, Fahrzeugsynchronisierungen und Schaltventilen. Seine Promotion schloss Herr Seifried 2005 mit Auszeich-

nung ab und wurde dafür 2006 mit dem Südwestmetall-Förderpreis für wissenschaftlichen Nachwuchs ausgezeichnet. Im gleichen Jahr erhielt er ein DAAD Postdoc Stipendium für einen einjährigen Forschungsaufenthalt an der University of California, Berkeley, USA. Hier begann

seine Forschungsarbeit auf dem Gebiet der Mechatronik, wobei speziell sein Interesse an der modernen nichtlinearen Regelung mechanischer Systeme geweckt wurde [3]. In diesem Bereich liegt der Schwerpunkt seiner Arbeit auf der Regelung und optimalen Auslegung unteraktuierter und flexibler Mehrkörpersysteme, wie sie vor allem in modernen energieeffizienten Leichtbaukonstruktionen immer öfter auftreten [4]. Diese Systeme sind durch weniger Stellgrößen als Freiheitsgrade gekennzeichnet und besitzen daher oft eine instabile interne Dynamik, was deren Trajektorienregelung sehr erschwert. Hierzu wurden von ihm verschiedene stabile inverse Modelle zur Vorsteuerung und Regelung entwickelt. Nach seinem Forschungsaufenthalt

kehrte Robert Seifried nach Deutschland zurück und besetzt seit 2008 im Rahmen des Exzellenzclusters SimTech der Universität Stuttgart die Juniorprofessur „Multibody System Dynamics“, welche am Institut für Technische und Numerische Mechanik angesiedelt ist. Die von Herrn Seifried aufgebaute fünfköpfige Forschergruppe befasst sich schwerpunktmäßig mit der Simulation, Regelung und Optimierung flexibler Mehrkörpersysteme. So werden beispielsweise momentan Ansätze zum ganzheitlichen optimalen Entwurf geregelter flexibler Mehrkörpersysteme entwickelt, welche auf Regleroptimierung sowie Form- und Topologieoptimierung der Bauteile basieren. Hierbei wird beispielsweise die Massenverteilung eines unteraktuierten Mehrkörpersystems so angepasst, dass eine stabile interne Dynamik entsteht, wodurch der Reglerentwurf stark vereinfacht wird [5]. Ein weiteres aktuelles Thema ist die Modellierung und Regelung flexibler serieller und paralleler Roboter mit Umgebungskontakt. Die Leistungsfähigkeit des computerbasierten Entwurfs mechatronischer Systeme konnte er gemeinsam mit Kollegen der Universität

## STECKBRIEF



Stuttgart bei der Entwicklung und Realisierung eines großen interaktiven Showpendels für den Deutschen Pavillon auf der Weltausstellung Expo 2010 in Shanghai demonstrieren [6], welches eine große Öffentlichkeitswirkung in den Medien erzeugte. An einer dünnen Stange befand sich eine Kugel mit drei Meter Durchmesser, die mit fast 400.000 LED-Leuchten besetzt ist und Teil einer interaktiven Show war. Über einen in die Decke des Pavillons integrierten Antrieb wurde das rund 1,2 Tonnen schwere und 5,6 Meter lange Pendel zu großen Schwing- und Kreisbewegungen angeregt. Der Antrieb durfte dabei nur sehr kleine Horizontalbewegungen ausführen, um den Eindruck eines sich frei bewegenden Pendels zu vermitteln. Hierzu war Herr Seifried für die Dynamikanalyse und die Entwicklung eines speziellen Regelungskonzepts verantwortlich.

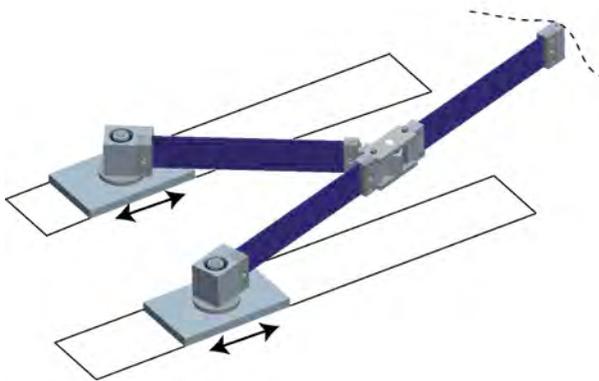


Abbildung 1: Modell eines parallelen flexiblen Roboters mit Trajektorienfolge des Endeffektors

Ein weiteres Forschungsgebiet von Robert Seifried ist die Diskrete-Elemente-Methode, welche auf den gleichen Grundgleichungen wie die Methode der Mehrkörpersysteme beruht. Es werden jedoch große Systeme ungebundener bzw. nur über Kontaktkraftgesetze gekoppelter Teilchen betrachtet. Diese numerische Methode erlaubt z.B. die Untersuchung von Schüttgütern oder des Bruchs makroskopischer Körper. Dabei besteht ein makroskopischer Körper aus vielen mikroskopischen Kugeln, welche durch brechbare Kraftgesetze verbunden sind [7]. Als Teilprojektleiter im Sonderforschungsbereich 716 „Simulation von Systemen mit großen Teilchenzahlen“ wird hiermit momentan der Bruch von Schottersteinen sowie die Zertrümmerung von Beton beim Bohrmeißeln untersucht.



Abbildung 2: Expo-Pendel im Deutschen Pavillon bei der Weltausstellung EXPO 2010 in Shanghai

## Literatur

- [1] R. Seifried, W. Schiehlen, P. Eberhard: Numerical and Experimental Evaluation of the Coefficient of Restitution for Repeated Impacts. *International Journal of Impact Engineering*, Vol. 32, 508-524, 2005
- [2] R. Seifried, W. Schiehlen, P. Eberhard: The Role of the Coefficient of Restitution on Impact Problems in Multibody Dynamics. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part K: Journal of Multi-body Dynamics*, Vol. 224, 279-306, 2010
- [3] E. Ergueta, R. Seifried, R. Horowitz: A Robust Approach to Dynamic Feedback Linearization for a Steerable Nips Mechanism. *ASME Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*, Vol. 133, 021007-1-10, 2011
- [4] R. Seifried, A. Held, F. Dietmann: Analysis of Feed-Forward Control Design Approaches for Flexible Multibody Systems. *Journal of System Design and Dynamics*, Vol. 5, 429-440, 2011
- [5] R. Seifried: Optimization-based Design of Minimum Phase Underactuated Multibody Systems. In: *Multibody Dynamics: Computational Methods and Applications*, K. Arczewski, W. Blajer, J. Fraczek, M. Wojtyra (Eds.), *Computational Methods in Applied Sciences*, Vol. 23, 261-282, Springer, 2011
- [6] T. Gorius, R. Seifried, P. Eberhard: Regelung des EXPO-Pendels. *At-Automatisierungstechnik*, Vol. 59, 299-307, 2011
- [7] C. Ergenzinger, R. Seifried, P. Eberhard: A Discrete Element Model to Describe Failure of Strong Rock in Uniaxial Compression. *Granular Matter*, 2010, DOI: 10.1007/s10035-010-0230-7, online verfügbar

## Kontakt

Jun.- Prof. Dr.-Ing. Robert Seifried  
 Institut für Technische und Numerische Mechanik  
 Universität Stuttgart  
 Pfaffenwaldring 9  
 70569 Stuttgart  
 Tel: 0711 685-66392  
 e-mail: robert.seifried@itm.uni-stuttgart.de  
 http://www.itm.uni-stuttgart.de/staff/Seifried

# RUNDBRIEF READERS

Save 30% on these SIAM titles:

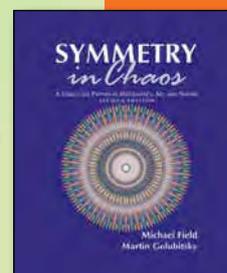
## Symmetry in Chaos: A Search for Pattern in Mathematics, Art, and Nature, Second Edition

Michael Field and Martin Golubitsky

"A classic in the interdisciplinary field of art and mathematics, this very well written book takes the ingenious idea of combining symmetry with chaos to construct stunning images that anyone can enjoy, in particular mathematicians, who can also appreciate the underlying mathematics. Beautiful art cannot be the result of just clever computer graphics. The artist must also have a keen sense of color and that intangible artistic sensibility, which is present in *Symmetry in Chaos*. Anyone interested in the relationship of art and mathematics should read this book."

— Nat Friedman, Director, International Society of the Arts, Mathematics and Architecture

2009 • xiv + 199 pages • Hardcover • ISBN 978-0-898716-72-6  
List Price \$59.00 • RUNDBRIEF Reader Price \$41.30 • Order Code OT111



## Numerical Methods for Large Eigenvalue Problems, Revised Edition

Yousef Saad

Classics in Applied Mathematics 66

This revised edition discusses numerical methods for computing eigenvalues and eigenvectors of large sparse matrices. It provides an in-depth view of the numerical methods that are applicable for solving matrix eigenvalue problems that arise in various engineering and scientific applications.

2011 • xvi + 276 pages • Softcover • ISBN 978-1-611970-72-2  
List Price \$70.00 • RUNDBRIEF Reader Price \$49.00 • Order Code CL66



**Now available worldwide**

Does your library have access?

The SIAM e-book program is now available for libraries and institutions. Make sure your librarian knows about this exciting new way to instantly deliver the vast information in SIAM books to students, faculty, and researchers.

For complete information, visit [www.siam.org/ebooks](http://www.siam.org/ebooks)

**siam** SOCIETY FOR INDUSTRIAL AND APPLIED MATHEMATICS

Be sure to enter code "BKGM11" to get special discount 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. BKGM11, 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).

6/11\_3

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

# TRANSPORTPROZESSE AN FLUIDEN GRENZFLÄCHEN

VON DIETER BOTHE

An den Grenzflächen zwischen Fluiden, also Flüssigkeiten oder Gasen, finden in der Regel Austauschvorgänge zwischen den Phasen statt. Die Oberfläche von Tropfen oder Blasen ist deshalb beispielsweise ein wichtiger Forschungsgegenstand, der in vielen technischen und ingenieurwissenschaftlichen Anwendungen von Mehrphasenreaktoren über Verbrennungsmotoren bis hin zu Wärmeaustauschern und Tintenstrahldruckern von größter Bedeutung ist. Hochaktuelle Entwicklungen zur Prozessintensivierung strömungsbasierter Prozesse nutzen u.a. verringerte Transportwege in mikrofluidischen Systemen. In diesen spielt die Grenzfläche zwischen den im Kontakt stehenden fluiden Phasen eine noch größere Rolle, da erheblich mehr Kontaktfläche pro Volumen gebildet wird. Auch in der Natur spielen fluide Grenzflächen eine gravierende Rolle – zum Beispiel in wolkendynamischen Prozessen. Transportprozesse finden auch in jedem Regenschauer statt, wodurch insbesondere Verunreinigungen aus der Luft gewaschen werden.

Um derartige natur- und ingenieurwissenschaftliche Prozesse zu optimieren und zu steuern, ist ein tiefergehendes Verständnis für die lokalen Phänomene und die wirksamen Mechanismen notwendig. Ziel laufender Arbeiten am Fachgebiet „Mathematische Modellierung und Analysis (MMA)“ des Autors ist es, die Kombination aus Modellierung, Analysis und numerischer Simulation zu nutzen, um dieses tiefergehende Prozessverständnis zu erarbeiten. Eine große Herausforderung ist dabei der mehrskalige und multi-physikalische Charakter der meisten dieser Anwendungen, deren erfolgreiche Erforschung interdisziplinäre Kooperationen erfordert.

## **Mathematische Modellierung und Numerische Simulation**

Die hier eingesetzten Modelle verwenden in der Regel kontinuumsmechanische Ansätze und basieren auf der Bilanzierung extensiver physikalischer Größen wie Masse, Impuls und Energie. Dabei betrachtet man ein i.a. zweiphasiges Kontrollvolumen (siehe Abbildung 1) und führt Buch über die zeitlichen Veränderungen der bilanzierten Größen. Diese werden durch Transport über den Rand hinweg, sowie durch Quellen oder Senken innerhalb des Volumens verursacht. An einer Phasen-

grenze ändern sich die Stoff- und Transportkoeffizienten sprunghaft, und auch in der Grenzfläche selbst können sowohl Transportprozesse stattfinden als auch Quellen oder Senken wirksam sein. Um aus den resultierenden Bilanzgleichungen vollständige Modelle zu erhalten, ist das Materialverhalten durch konstituierende Gleichungen zu beschreiben, wobei Konsistenz mit der Thermodynamik, speziell dem zweiten Hauptsatz, einzuhalten ist; siehe z.B. [16]. Diese Aufgabe gelingt nur in enger Zusammenarbeit mit den Natur- und Ingenieurwissenschaften.

Die Grenzfläche zwischen den Bulkphasen kann dabei als dünne Übergangszone mit stetigen, sehr steilen Profilen für Dichte und Viskosität oder als scharfes, also unendlich dünnes, Interface modelliert werden. In der englischsprachigen Literatur nennt man diese Varianten Diffuse Interface bzw. Sharp Interface Model. Die Besonderheit der hier ausschließlich betrachteten Sharp Interface Modelle für *fluide* Zwei- und Mehrphasensysteme ist das Auftreten einer in *Lage und Form freien, deformierbaren Phasengrenzfläche*. Dort treten Sprungunstetigkeiten der Materialgrößen Dichte und Viskosität, aber auch anderer Transportgrößen auf. Diese Systeme sind somit inhärent nichtlinear, da das Interface ein „freier Rand“ ist. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der, dass fluide Grenzflächen sogenannte kapillare Grenzflächen sind, d.h. es treten lokal im Interface Grenzflächenspannungen auf. Selbst im statischen Fall führt dies zu Drucksprüngen am Interface, die dann durch das Young-Laplace Gesetz gemäß

$$p^I - p^{II} = \sigma \kappa$$

beschrieben sind; hierbei bezeichnet  $p$  den Druck (in der jeweilige Phase),  $\sigma$  die Grenzflächenspannung (bzw. den Koeffizienten derselben) und  $\kappa$  die Summe der Hauptkrümmungen der Grenzfläche. Im dynamischen Fall kommt ein Beitrag aus den viskosen Spannungen hinzu. Aufgrund der Kapillarität spielen geometrische Eigenschaften der Grenzfläche, insbesondere deren Krümmung eine gravierende Rolle für zweiphasige Strömungen. Die Kapillarkräfte bewirken – wie bei Seifenblasen – eine Minimierung und dadurch Glättung der Grenzfläche. Kleine Blasen oder Tropfen nehmen deshalb annähernd Kugelform an, werden mit wachsendem Durchmesser zunehmend ellipsoid, bis sie schließlich

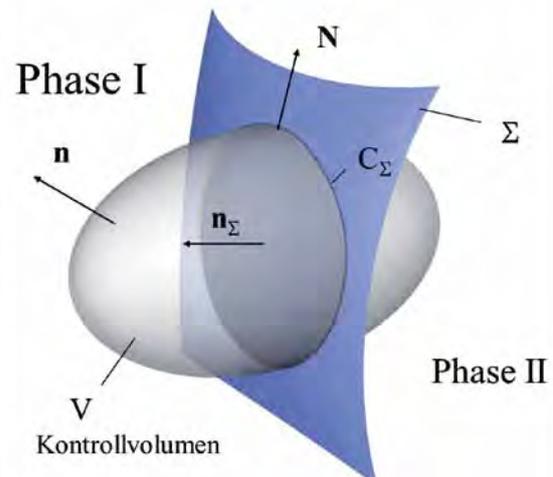


Abbildung 1: Zweiphasiges Kontrollvolumen, das vom Interface (blau) geschnitten wird.

zeitlich variable Formen aufweisen. Zur Beschreibung fluidier Grenzflächen – sowohl in der Analysis als auch in der Numerik – muss also die zeitabhängige Phasenlage und Phasengeometrie zwingend erfasst werden, auch um hieraus die lokal gültigen Materialparameter zu bestimmen. Zu diesem Zweck sind verschiedene prinzipielle Zugänge entwickelt worden, von denen hier nur auf gitterbasierte Ansätze eingegangen wird. Grundsätzlich unterscheidet man zwischen Lagrange'schen Methoden, in denen auch das Volumen-Gitter von der Strömung mitbewegt wird, und Euler'schen Methoden mit ortsfestem volumetrischen Gitter. Vorteil des Lagrange'schen Ansatzes ist die Darstellung des Interface durch Randflächen von Gitterzellen, sodass kein zusätzliches Flächengitter zur Abbildung der Phasengrenze benötigt wird und die Transmissionsbedingungen für diese Trennfläche sauber diskretisiert werden können. Für hochdynamische Prozesse kommt es allerdings zu derart starken Gitterverzerrungen, dass eine Neuvernetzung der Phasenvolumina mit den damit verbundenen Problemen, wie hoher Rechenaufwand und Interpolationsfehler, nötig wird. Daher wird der Lagrange'sche Ansatz hauptsächlich für einphasige Strömungen mit freier Oberfläche in Problemen ohne Topologieänderung eingesetzt, siehe z.B. [4]. Des Weiteren ist dieser Ansatz direkt nur auf Systeme ohne Phasenübergang anwendbar, in denen das Interface von der Strömung passiv mittransportiert wird. Mit Phasenübergang, z.B. bei verdampfenden Tropfen, kommt es zu Relativbewegungen zwischen Interface und anliegenden Phasen.

Im Euler'schen Ansatz wird das gesamte Zweiphasensystem durch ein ortsfestes Volumengitter diskretisiert, in dem dann die Grenzfläche je nach Verfahren auf unterschiedliche Arten erfasst wird. Beim sogenannten "Surface Tracking" wird das Interface durch ein separates, aus Polygonelementen aufgebautes Flächengitter erfasst. Die Knotenpunkte dieses Gitters werden mittels interpolierten Geschwindigkeiten advektiert. Prominenter Vertreter dieses Ansatzes ist das "Front Tracking"; siehe [17]. Auch dieser Ansatz mit expliziter Darstellung der Grenz-

fläche erlaubt die direkte numerische Umsetzung der Sprungbedingungen. Weiter ist eine separate Erfassung flächenspezifischer Größen, wie etwa Konzentrationen adsorbierter Spezies prinzipiell gut möglich. Andererseits muss erheblicher Aufwand geleistet werden, um eine gleichmäßige Feinheit des Flächengitters zu gewährleisten – man beachte, dass auch in inkompressibler Strömung der Flächeninhalt des Interface keine Erhaltungsgröße ist. Topologieänderungen wie Disintegration oder Koaleszenz erfordern künstliche Eingriffe und aufwendige Neuvernetzungen.

Beim "Volume Tracking" wird die Grenzfläche implizit erfasst, indem aus einer zusätzlichen skalaren Größe die Phasenzugehörigkeit und damit der Volumenanteil der beiden Phasen in den Gitterzellen berechnet wird. Dies erlaubt Topologieänderungen und eine näherungsweise (Re-)Konstruktion der Grenzfläche. Die beiden Standardverfahren sind hier einerseits die Level Set und andererseits die Volume of Fluid (VOF)-Methode; siehe z.B. [13, 17]. Grundlage der Level Set Methode ist die Darstellung einer Fläche als Niveaumenge (Level Set, meist zum 0-Level) einer skalaren Funktion  $\phi$ . In Problemen ohne Phasenübergang führt die reine Advektion der Grenzfläche zur Transportgleichung

$$\partial_t \phi + \mathbf{v} \cdot \nabla \phi = 0 ,$$

wobei  $\mathbf{v}$  die Geschwindigkeit ist. In konkreten Umsetzungen wird für  $\phi$  in der Regel der signierte Abstand zur Phasengrenze verwendet. Dies hat den Vorteil, dass das Feld der Interfacenormalen  $\mathbf{n}(\mathbf{x})$  direkt als Gradient der Level Set Funktion gegeben ist. Die Krümmung (genauer, die Summe der Hauptkrümmungen) als Flächendivergenz von  $-\mathbf{n}$  ergibt sich dann durch Anwendung des Laplace-Beltrami Operators auf die Level Set-Funktion. Da  $\phi$  keiner Erhaltungsgröße entspricht, ist die Transportgleichung für  $\phi$  nicht gleichbedeutend mit der Erhaltung von Phasenmasse bzw. -volumen. Tatsächlich ist numerischer Verlust von Dispersphasenvolumen ein großes Problem bei der Anwendung der Level Set Methode. Dieses Problem beruht zum Teil darauf, dass

0.69	0.16	0	0	0	0
1	0.97	0.29	0	0	0
1	1	0.87	0.06	0	0
1	1	1	0.38	0	0
1	1	1	0.72	0	0

Abbildung 2: Exemplarische Verteilung der Volumenanteilsfunktion im Rechengebiet bei der VOF-Methode.

während der Rechnung  $\phi$  seine Bedeutung als signierter Abstand verliert. Daher sind in gewissen Intervallen zusätzliche Evolutionsgleichungen für  $\phi$  zu lösen, um daraus wieder einen signierten Abstand herzustellen; hierin liegt ein Teil der Probleme bzgl. Phasenerhaltung. Da die Finite Element Methode in den letzten Dekaden gerade im Kontext konvektionsdominierter Probleme Einzug in die Strömungsmechanik gehalten hat, werden zur Umsetzung der Level Set Methode oft FEM-Ansätze eingesetzt; siehe [13].

Am Fachgebiet MMA am Center of Smart Interfaces wird eine weiterentwickelte Volume of Fluid Methode eingesetzt. Bei diesem Volume Tracking Verfahren wird ein Phasenindikator  $f$  verwendet, der den Wert 0 bzw. 1 in den beiden Bulkphasen hat. Bei der Diskretisierung mittels Finiter Volumen treten an die Stelle des Feldes  $f$  zellbezogene Werte  $f_i$ , die dann den Volumenanteil einer der Phasen in der entsprechenden Zelle angeben. In Zellen, die Phasengrenzfläche enthalten, hat  $f_i$  Werte strikt zwischen 0 und 1; Abbildung 2 zeigt eine typische Verteilung. Aus der Verteilung der Volumenanteile können in der Strömungsberechnung wieder sowohl die effektiven Dichten und Viskositäten in den Gitterzellen als auch die Lage und Orientierung der Phasengrenze inklusive der Krümmung der Grenzfläche näherungsweise berechnet werden. Die zeitliche Entwicklung der Phasenverteilung ist auch hier durch eine Transportgleichung der Form

$$\partial_t f + \mathbf{v} \cdot \nabla f = 0$$

gegeben, wobei diese rigoros nur im schwachen Sinn, hier speziell im Rahmen der Theorie der Funktionen von beschränkter Variation zu verstehen ist. Die numerische Lösung ist schwieriger als im Level Set Kontext, da das

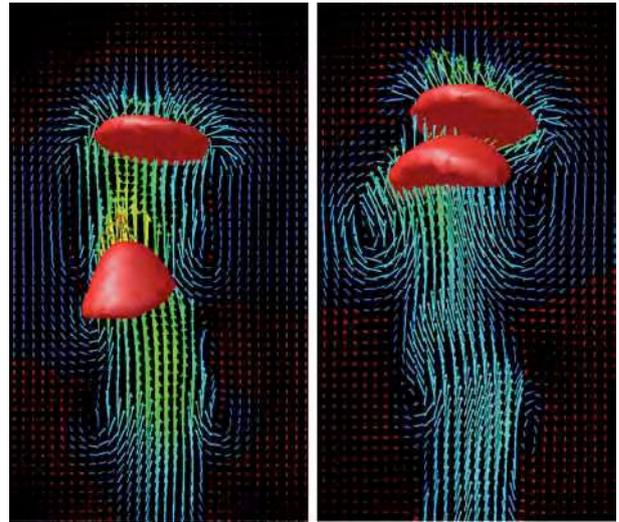


Abbildung 3: Direkte Numerische Simulation des gemeinsamen Aufstiegs zweier formdynamischer Luftblasen mit FS3D.

unstetige  $f$  ohne Verschmierung des Sprungs zu advektieren ist. An dieser Stelle werden einerseits Verfahren aus dem Bereich hyperbolischer Gleichungen wie WENO oder TVD-Schemata höherer Ordnung eingesetzt, andererseits geometriebasierte Transportalgorithmen, die auf einer lokalen Rekonstruktion der Phasengrenze beruhen. Bei entsprechender numerischer Umsetzung erhält die VOF-Methode das Phasenvolumen exakt. Aufgrund des extrem steilen Anstiegs des  $f$ -Feldes von 0 auf 1 am Interface ist die Krümmungsberechnung aus der Divergenz des Normalenfeldes hier problematisch, worauf noch eingegangen wird.

Am Fachgebiet MMA wird der VOF-Löser *Free Surface 3D (FS3D)* eingesetzt, der am ITLR der Universität Stuttgart entwickelt wurde (siehe [15]) und von ITLR und MMA gemeinsam weiterentwickelt wird. *FS3D* löst die inkompressiblen zweiphasigen Navier-Stokes Gleichungen für kapillare Grenzflächen in einer Einfeldformulierung, bei der die Grenzflächenkräfte auf das Volumengitter übertragen werden. Die numerische Lösung basiert auf der Projektionsmethode, wobei ein geometrischer Multigrid-Löser für die Druck-Poissongleichung verwendet wird. Die räumliche Diskretisierung erfolgt auf einem versetzten kartesischen Gitter analog zur MAC-Methode. Der Transport des  $f$ -Feldes nutzt die Subgrid-Skalen-Information aus der PLIC-Rekonstruktion der Grenzfläche, um den Volumeninhalt der advektierten Phasenanteile geometrisch zu berechnen. Dies vermeidet numerische Diffusion und hält das Interface scharf. Wichtig für eine stabile numerische Simulation bei großen Dichte- und Viskositätsverhältnissen ist eine besondere Mittelung der Viskosität in Interfacezellen; siehe [15]. Zur Berechnung der Grenzflächenkräfte stehen die beiden Modelle

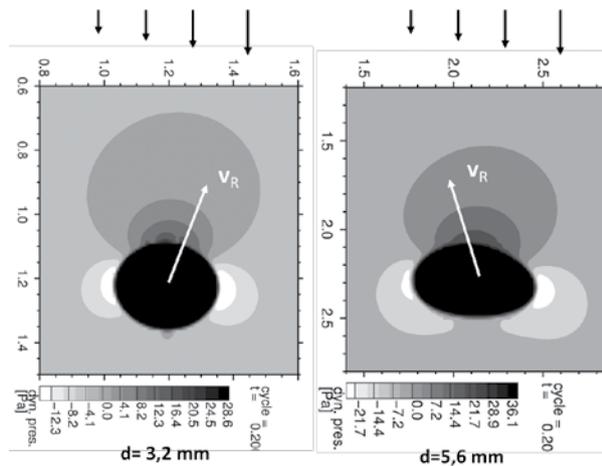


Abbildung 4: Luftblasen, die in einer Scherströmung in einem Wasser/Glycerin-Gemisch (Viskosität 53 mPa s) aufsteigen. Dargestellt sind der dynamische Druck und die Aufstiegsrichtung.

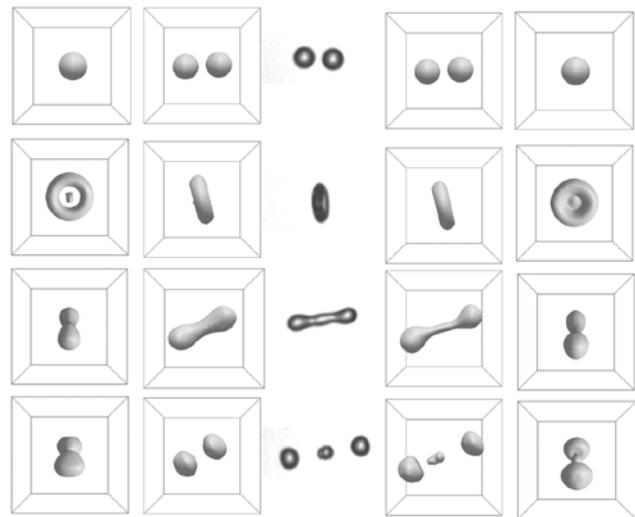


Abbildung 5: Direkte Numerische Simulation eines binären Tropfenstoßes mit der VOF-Methode. Links mit standardmäßiger, rechts mit adaptierter Berechnung der Grenzflächenkräfte. Das zugrundeliegende experimentelle Ergebnis ist in der Mitte dargestellt.

„Continuum Surface Force“ (CSF) und das konservative „Continuum Surface Stress“ (CSS) in *FS3D* zur Verfügung. Der Code ist mittels Gebietszerlegung MPI-parallel und nutzt auf Schleifenebene OpenMP.

### Hydrodynamik zweiphasiger Strömungen

Zur Berechnung überlagerter Transportprozesse wie Wärme- und Stofftransport ist die genaue Beschreibung der zugrunde liegenden zwei- oder mehrphasigen Strömung notwendige Voraussetzung. Nachfolgend sind einige Beispiele aus Arbeiten am Fachgebiet MMA zusammengestellt, um die Möglichkeiten und Schwierigkeiten der numerischen Simulation von Zweiphasenströmungen mit VOF zu erläutern.

Eine wichtige Klasse von Zweiphasenströmungen sind Blasenströmungen, wie sie etwa in industriell betriebenen Blasensäulen auftreten. Dabei wird am Fuß der Säule Gas in eine Flüssigkeit unter Druck eingebracht. Durch Auftrieb steigen die Blasen in der Flüssigphase auf und vermischen diese, weshalb auf mechanische Rührerlemente verzichtet werden kann. Die durch Blasenbewegung erzeugte Vermischung erfolgt zudem unter geringer mechanischer Beanspruchung, sodass in biochemischen Prozessen vorhandene Enzyme oder Mikroorganismen nicht geschädigt werden. Zur numerischen Simulation von Blasenströmungen werden vereinfachende CFD-Modelle eingesetzt. Die Qualität solcher CFD-Simulationen hängt wesentlich von einer akkuraten Modellierung der auf die Blasen wirksamen Kräfte, insbesondere Widerstands- und Auftriebskraft, ab. Diese Kräfte können mit *FS3D* unter Auflösung aller relevanten Zeit- und Längenskalen für Einzelblasen und kleine Blasengruppen berechnet werden. In Abbildung 3 sind Ergebnisse zu zwei Zeitpunkten

aus einer VOF-Rechnung eines Paares aufsteigender Blasen gezeigt. Man erkennt die Dynamik der Blasenform und die komplexe Strömung mit Abstreifen von Wirbeln, was zu blaseninduzierter Turbulenz führt. Aufgrund von Blasenkoaleszenz und -zerfall kommt es in Blasensäulen zu komplizierten Blasengrößenverteilungen, weshalb die Abhängigkeit der genannten Kräfte von der Blasengröße entscheidend ist. Die Auftriebskraft senkrecht zur Blasenbewegung, die in Scherströmungen auftritt, hat einen Vorzeichenwechsel, der bei Luftblasen in Wasser bei einem Durchmesser von etwa 5 mm auftritt. Dies ist bekannt, lässt sich aber experimentell für Wasser nur schlecht quantitativ vermessen. Hier helfen VOF-Simulationen mit Ergebnissen, wie sie in Abbildung 4 exemplarisch dargestellt sind, die strömungsmechanischen Ursachen für den Vorzeichenwechsel des Liftkoeffizienten zu verstehen. Neben dem Bernoulli-Effekt, der für die Bewegung kleiner Blasen in Richtung stärkerer Anströmung sorgt, tritt bei größeren und damit leichter deformierbaren Blasen eine komplexe Nachlaufströmung mit Doppelwirbel unter der Blase auf. Für weitere Details siehe [1], [11] und die dort angegebene Literatur.

Eine anderes bedeutendes Anwendungsfeld für Zweiphasenströmungen sind tropfendynamische Prozesse, wie sie z.B. innerhalb von Sprays auftreten. Ein wichtiger Elementarprozess sind dabei binäre Tropfenkollisionen, da sie die Größenverteilung der Tropfenpopulation bestimmen. Insbesondere wenn nicht-newtonische Tropfen interagieren, z.B. mit scherverdünnender oder viskoelastischer Rheologie, ist eine Vorhersage der Kollisionsergebnisse mittels bekannter Korrelationen nicht möglich. In einem DFG-Projekt im Schwerpunktprogramm 1423 „Process Sprays“ werden binäre Stöße nicht-newtonischer Tropfen

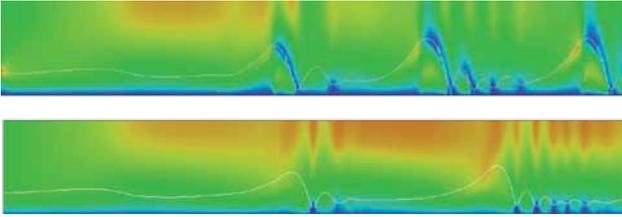


Abbildung 6: Freie Oberfläche eines Fallfilms. Gravitation zeigt nach rechts. Die Farbskala kodiert den Geschwindigkeitsbetrag. Vergleich zwischen CSS-Modell (oben) und balanciertem CSF (bCSF, unten).

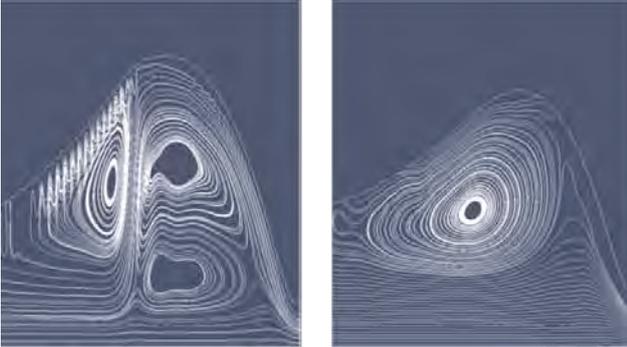


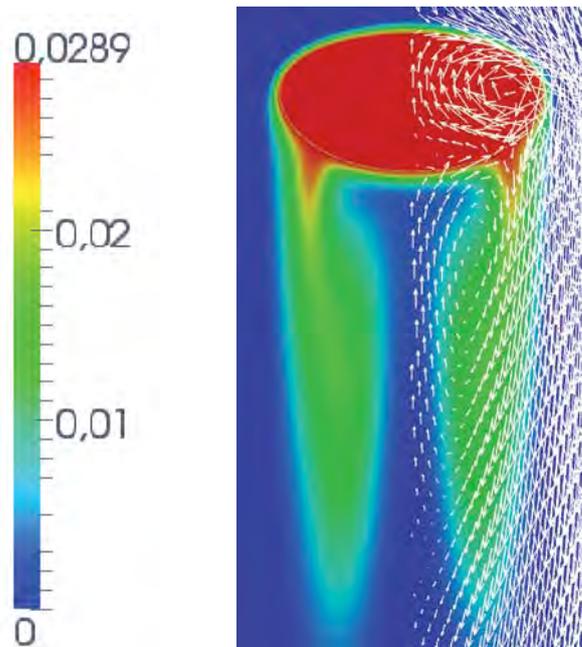
Abbildung 7: Direkte Numerische Simulation eines Fallfilms. Stromlinien im mit der Rollwelle mitbewegten Koordinatensystem unter Verwendung von CSS (links), bzw. bCSF (rechts).

mit *FS3D* simuliert. Um physikalisch korrekte Ergebnisse zu erzielen, wurde eine für das Auftreten von sehr dünnen Fluidlamellen geeignet adaptierte Berechnung der Grenzflächenkräfte entwickelt, die das Aufreißen der Lamellen verhindert und so die richtigen Rückstellkräfte in den Simulationen berücksichtigt. Dies ist für die Dynamik der Kollision und die resultierende Anzahl an Satellitentropfen auch bei newtonischem Fluid entscheidend, wie man in Abbildung 5 erkennen kann. Dort ist in der Mitte der Verlauf einer Kollision zweier Wassertropfen im Experiment dargestellt, bei dem die Flüssigkeitsbrücke zwischen den verschmolzenen Tropfen aufreißt und einen zusätzlichen Satellitentropfen erzeugt. In der Simulation mit standardmäßiger Berechnung der Kapillarkräfte kommt es zu einer Interferenz der berechneten Grenzflächenspannungen der beiden nahe bei einander liegenden Oberflächen im Lamellenbereich. Dies führt zu einem künstlichen Aufreißen der Lamelle, einem in der Literatur bekannten Problem. Mit der in [12] eingeführten Lamellenstabilisierung wird die numerische Beeinflussung eng benachbarter Grenzflächen vermieden, was zu dem rechts gezeigten, physikalisch korrekten Ergebnis führt.

Gerade im Bereich der Mehrphasenströmungen mit ihren komplexen physikalischen Phänomenen kann die Güte numerischer Berechnungen oft nur schwer beurteilt werden. So kann die numerische Diskretisierung der Kapillarkräfte zu sogenannten parasitären Strömen führen, die z.B. einen sphärischen Tropfen in Schwerelosigkeit aus der stabilen Ruhelage treiben. Die Gründe dafür sind zum einen Fehler in der Berechnung der Krümmung, zum anderen ein Ungleichgewicht zwischen Druck- und Grenzflächenspannungskräften aufgrund unterschiedlicher Diskretisierung von Druckgradienten

und Gradienten der Phasenindikator (oder Level Set) Funktion zur Berechnung der Interfacenormale. In komplexeren Situationen sind solche artifiziellen Strömungen der Grundströmung überlagert und dadurch oft nicht erkennbar. So zeigt Abbildung 6 die freie Oberfläche eines unter dem Einfluss der Schwerkraft an einer festen Wand herabgleitenden Wasserfilms. Dabei wurde oben das CSS-Modell zur Berechnung der Grenzflächenspannungen verwendet, unten eine verbesserte Version von CSF, in der die o.g. Diskretisierung von Druck- und  $f$ -Gradient identisch erfolgt und die Krümmung aus einer lokal berechneten Höhenfunktion ermittelt wird. Beide Ansätze liefern bei ausreichend feiner Auflösung gitterunabhängige Ergebnisse. Die Form des Fallfilms ist dabei ganz ähnlich und zeigt die typischen Merkmale wie das Auftreten großer Rollwellen, denen kleinere Kapillarwellen voraneilen. Sowohl die berechneten Filmhöhen als auch die Geschwindigkeiten der Wellen sind in guter Übereinstimmung mit experimentellen Daten. Erst die innere Strömungsstruktur in den Rollwellen (siehe Abbildung 7) zeigt im Fall des CSS-Modells klar unphysikalische Merkmale mit drei Wirbelzentren und kleinskalige Oszillationen nahe der stromaufwärts gelegenen Wellenflanke. Mit dem balancierten CSF (bCSF) und auf Basis von lokalen Höhenfunktionen ermittelter Krümmung zeigt die innere Strömung in der Rollwelle die erwartete Struktur mit einem Wirbel [2]. Die mit bCSF ausgeführten VOF-Rechnungen zeigen auch die experimentell nachgewiesene Rückströmung im wandnahen Bereich direkt vor der Rollwelle. Die zunächst kaum sichtbaren Unterschiede zwischen CSS und bCSF würden für zusätzlichen Stoff- oder Wärmetransport zu erheblich verfälschten Ergebnissen führen.

Abbildung 8: Mittels Zwei-Skalar-Ansatz und Subgridskalen-Modellierung berechneter Stoffübergang von Sauerstoff aus einer in Wasser aufsteigenden Luftblase.



### Transfer über fluide Grenzflächen

Zwei- und Mehrphasenströmungen werden meist eingesetzt, um Stoff oder Energie zwischen den in Kontakt gebrachten Phasen auszutauschen, z.B. in Extraktionsprozessen oder Wärmetauschern. Die kontinuumsmechanischen Modelle sind dann um Spezies- bzw. Energiebilanzen zu erweitern. Dabei treten am Interface neben Transmissionsbedingungen auch thermodynamisch begründete Sprungbedingungen auf. Bei Stofftransferprozessen ist dies in guter Näherung die Stetigkeit der chemischen Potentiale. Dies impliziert unstetige Konzentrationsfelder, bei denen die einseitigen Grenzwerte der Konzentration am Interface dem Henry-Gesetz,  $c^l = c^g/H$ , folgen. Damit ist in der numerischen Simulation eine weitere unstetige Größe ohne Verschmierung zu transportieren. Dabei muss die Unstetigkeitsfläche des Konzentrationsfeldes stets mit der Phasengrenze Schritt halten, da jede Relativbewegung zu unphysikalischem Stoffübergang führen würde. Mit der VOF-Methode kann dies gewährleistet werden, indem das Konzentrationsfeld einer Übergangsspezies in Form zweier skalarer Felder dargestellt wird, wobei jeweils eine der Bulkphasenkonzentrationsfelder durch 0 in die andere Phase fortgesetzt wird. Diese Skalarfelder können dann analog zum  $f$ -Feld auf Basis geometrischer Advektionsalgorithmen transportiert werden [6].

Ein weiteres Problem ist das Auftreten sehr dünner Konzentrationsgrenzsichten in flüssigen Phasen aufgrund der dort hohen Schmidt Zahlen, d.h. geringer Diffusivitäten der Komponenten verglichen mit der kinematischen Viskosität. Hier kann durch Modellierung der Konzentrationsprofile auf Subgridskala die Genauigkeit erhöht werden. Dazu wird ein vereinfachtes Modell für den interfacenahen Transport der Spezies durch Kon-

vektion und Diffusion analytisch gelöst. Dies liefert eine einparametrische Schar nichtlinearer Filmprofile, aus der mittels Parameteranpassung anhand der in zum Interface normaler Richtung benachbarten Konzentrationswerte das beste Profil ausgewählt wird. Dies bewirkt eine nicht-lineare Korrektur des Diffusionsflusses am Interface. In Kombination mit effizienten Rechentechniken können im DFG-Paketprojekt PAK-119 aktuell erstmals Direkte Numerische Simulationen der realen Vorgänge ohne vereinfachende Annahmen durchgeführt werden. Dabei werden lokale Informationen aus dem Umfeld der Grenzfläche gewonnen, die experimentell nicht zugänglich sind (Abbildung 8), wobei auch chemische Reaktionen berücksichtigt werden können [7].

Im Fall des Wärmeübergangs liegen andere Verhältnisse vor: Die Temperatur ist an fluiden Grenzflächen stetig, aber die Grenzflächenspannung hängt stark von der Temperatur ab. Schwankungen entlang der Grenzfläche führen zu thermisch erzeugten Marangoni-Spannungen, wodurch grenzflächengetriebene Strömungen auftreten können. Im Forschungsbereich „Heat Transfer Enhancement“ am Center of Smart Interfaces der TU Darmstadt werden solche Effekte gezielt genutzt, um den Wärmeübergang durch Marangoni-Konvektion zu beschleunigen. In der Modellierung wird dies durch eine Erweiterung der Impuls-Sprungbedingung erfasst. Dabei tritt bei den Kapillarkräften (vgl. Young-Laplace Gleichung oben) zusätzlich der Oberflächengradient der Grenzflächenspannung als tangentialer Anteil auf. Die numerische Berechnung dieser tangentialen Gradienten setzt eine sehr genaue Berechnung der Interfacetemperatur voraus, was durch geschickte Interpolation unter Ausnutzung der Energie-Transmissionsbedingung in [14] erreicht werden konnte.

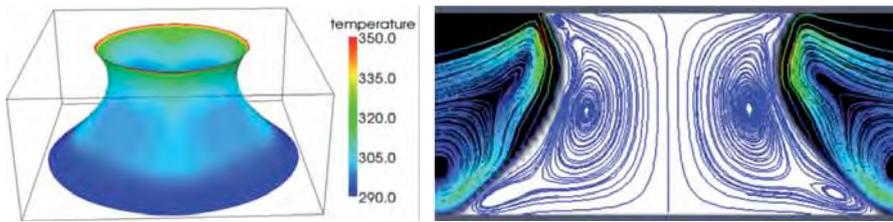


Abbildung 9: VOF-Simulation der thermo-kapillaren Strömung in einer Flüssigkeitsbrücke. Temperaturverteilung (links) und Stromlinien (rechts).

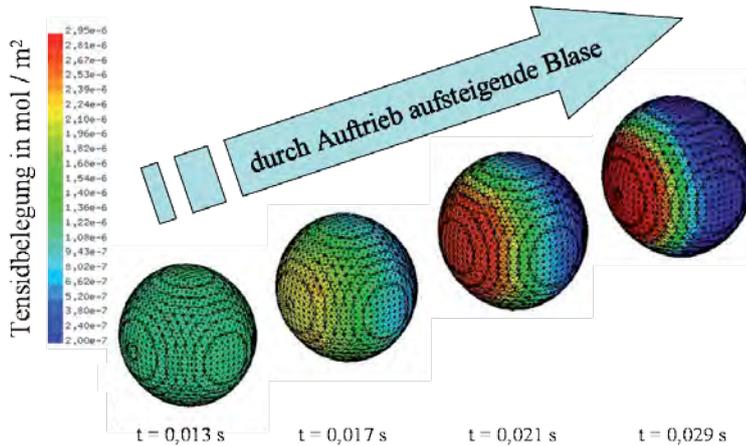


Abbildung 10: Entwicklung der Tensidverteilung auf der Oberfläche einer aufsteigenden Blase.

Dort konnte u.a. die Bénard-Marangoni-Instabilität mit passender Struktur der Konvektionszellen auf VOF-Basis simuliert werden. Dieselbe Technik erlaubt die Berechnung der thermisch verursachten Strömung in Flüssigkeitsbrücken, dargestellt in Abbildung 9.

### Transport auf fluiden Grenzflächen

In realen Systemen liegen keine Reinstoffe vor. Entweder werden gezielt Additive zugesetzt oder Verunreinigungen ungewollt eingebracht. Beispielsweise werden in der Verfahrenstechnik Tenside eingesetzt, um disperse Zweiphasenströmungen mit enger Größenverteilung der Blasen oder Tropfen zu realisieren und diese zu stabilisieren. Aufgrund ihres amphiphilen Charakters lagern sich Tenside bevorzugt an Phasengrenzflächen an und ändern deren physikochemische Eigenschaften, d.h. sie wirken als sogenannte Surfactants. Insbesondere wird die Oberflächenspannung abhängig vom Belegungsgrad herabgesetzt. Dies erzeugt chemisch bedingte Marangoni-Spannungen, wodurch Strömungen einerseits gedämpft, andererseits auch angefacht werden können – bis hin zur sogenannten Grenzflächenturbulenz. Zur Stabilisierung von Emulsionen etwa nutzt man den dämpfenden Effekt, durch den ein Abfließen der Flüssigkeit zwischen zwei Tropfen stark verzögert wird.

Zur Modellierung solcher komplexen fluiden Grenzflächen ist die auf dem Interface adsorbierte Stoffmenge zu bilanzieren. Dies führt auf partielle Differentialgleichungen, die auf einer zeitlich evolvierenden Familie von Flächen gestellt und zu lösen sind. Durch Kombination der VOF-Methode mit einer zusammenhängenden Rekonstruktion

der Grenzfläche als Iso-Fläche, kann die Transportgleichungen des adsorbierten Surfactant mit einem Finite Area Ansatz gelöst werden. Dies erlaubt die Simulation solcher Transportprozesse auf der Phasengrenzfläche und deren Wirkung auf die Partikeldynamik wie etwa die Abbremsung von aufsteigenden oder absinkenden Fluidpartikeln.

Abbildung 10 zeigt die numerisch berechnete Tensidverteilung auf der Oberfläche einer aufsteigenden Gasblase zu aufeinanderfolgenden Zeitpunkten. Das Tensid sammelt sich aufgrund der grenzflächennahen Strömung zunehmend an der hinteren Blasenkappe an, während die Belegung im vorderen Bereich der Blasenoberfläche immer geringer wird. Dies hat Auswirkungen sowohl auf die Aufstiegsgeschwindigkeit als auch auf den lokalen Stoffübergang [3]. Durch solche numerischen Simulationen wird Wissen und Verständnis generiert, welches dann zur Weiterentwicklung von vereinfachenden Modellen, wie hier dem „Stagnant Cap Modell“, nutzbar ist. Diese Arbeiten erfolgen in einem DFG-Projekt im Rahmen des Schwerpunktprogramms 1506.

### Mathematische Analysis fluider Grenzflächen

Die rigorose mathematische Analysis zweiphasiger Strömungen mit deformierbaren, freien Grenzflächen und ggf. überlagerten Transportprozessen ist naturgemäß schwierig und zunächst auf grundlegende Fragestellungen ausgerichtet. Hierzu sei angemerkt, dass die Kenntnis über die (lokale) Existenz einer eindeutigen Lösung von großem Wert als Fundament für numerische Verfahren ist, die sonst nicht oder – im schlimmsten Fall – gegen „spurious

solutions“ konvergieren. Bei fluiden Grenzflächen kann es hier Überraschungen geben: wie in [9] gezeigt wurde, ist das um eine Referenzlösung linearisierte Problem der Zweiphasenströmung im Fall einer viskosen Grenzfläche nicht immer wohlgestellt! Vereinfachend gesagt kann Illposedness auftreten, wenn das Interface durch die Referenzgeschwindigkeit lokal zu schnell komprimiert wird.

In Anwendungen ist oft das qualitative Verhalten von Lösungen, insbesondere das Stabilitätsverhalten stationärer Zustände wichtig. Beispielsweise kann, wie oben erläutert, die mittels thermo-kapillarer Effekte auftretende Bénard-Marangoni-Instabilität zur Intensivierung des Wärmetransportes genutzt werden. Hier kann die Analysis einen wertvollen Beitrag leisten, z.B. durch rigorose Stabilitätsaussagen bei zusätzlichen physikalischen Effekten. In der genannten Anwendung kann etwa Verdampfung einen deutlichen Einfluss auf die Instabilität haben. Ein anderes Beispiel ist der Einfluss von Surfactants auf die Stabilität der grenzflächennahen Strömung. Hier ist die in [10] durchgeführte Analyse der Stabilität der Equilibria auf den Fall quasi-stationärer Gleichgewichtslagen auszudehnen.

Schließlich geht es um die rigorose Herleitung vereinfachender, skalenreduzierter Modelle z.B. durch Homogenisierung feinskaliger räumlicher Strukturen. Entsprechend kann zeitliche Mehrskaligkeit im Fall getrennter Zeitskalen durch den Übergang von schnellen zum Grenzfall quasi-instanter Teilprozesse reduziert werden. Diese Situation tritt im hier vorliegenden Kontext bei chemisch reagierenden Fluidsystemen auf. Hier liefert die mathematische Analysis Klarheit über die richtigen Limes-Modelle, wenn Konvergenz der Lösungen gezeigt werden kann; siehe z.B. [5] und [8].

Insgesamt ist trotz beachtlicher Ergebnisse im Bereich der Modellierung, Analysis und Simulation fluider Grenzflächen noch viel Arbeit zu leisten, um das nötige tiefergehende Verständnis und mehr Rigorosität zu erreichen. Zu diesem Zweck hat die Deutsche Forschungsgemeinschaft vor einem Jahr das Schwerpunktprogramm 1506 eingerichtet, das vom Autor zusammen mit Arnold Reusken (RWTH Aachen) koordiniert wird. Eines der Hauptanliegen ist es, neue Brücken zwischen Modellierung, Analysis und Numerik zu schlagen. Weitere Informationen findet man unter [www.dfg-spp1506.de](http://www.dfg-spp1506.de)

## Literatur

- [1] S. Adoua, D. Legendre, J. Magnaudet: Reversal of the lift force on an oblate bubble in a weakly viscous linear shear flow. *Journal of Fluid Mechanics* 628, 23-41 (2009).
- [2] C. Albert, D. Bothe: Influence of surface tension models on the hydrodynamics of wavy laminar falling films in Volume of Fluid-Simulations, submitted.
- [3] A. Alke, D. Bothe: 3D numerical modelling of soluble surfactant at fluidic interfaces based on the Volume-of-Fluid method, *Fluid Dynamics & Materials Processing* 5 (4), 345-372 (2009).
- [4] E. Bänsch: Finite element discretization of the Navier-Stokes equations with a free capillary surface, *Numer. Math.* 88, 203-235 (2001).
- [5] D. Bothe: Instantaneous limits of reversible chemical reactions in presence of macroscopic convection, *J. Differ. Equations* 193, 27-48 (2003).
- [6] D. Bothe, M. Kröger, A. Alke, H.-J. Warnecke: VOF-based simulation of conjugate mass transfer from freely moving fluid particles, pp. 157-168 in *Computational Methods in Multiphase Flow V* (A.A. Mammoli, C.A. Brebbia, eds.), WIT Press, Southampton 2009.
- [7] D. Bothe, M. Kröger, H.-J. Warnecke: A VOF-based conservative method for the simulation of reactive mass transfer at deformable bubbles, *Fluid Dynamics & Materials Processing* (in press).
- [8] D. Bothe, M. Pierre: The instantaneous limit for reaction-diffusion systems with a fast irreversible reaction, *Discrete and Continuous Dynamical Systems – Series S* 5 (1), (to appear).
- [9] D. Bothe, J. Prüss: On the two-phase Navier-Stokes Equations with Boussinesq-Scriven surface fluid, *Fluid J. Math. Fluid Mech.* 12 (1), 133-150 (2010).
- [10] D. Bothe, J. Prüss: Stability of equilibria for two-phase flows with soluble surfactant, *Quarterly Journal of Mechanics and Applied Mathematics* 63 (2), 177-199 (2010).
- [11] D. Bothe, M. Schmidtke, H.-J. Warnecke: VOF-Simulation of the lift force for single bubbles in a simple shear flow, *Chem. Eng. Tech.* 29 (9), 1048-1053 (2006).
- [12] C. Focke, D. Bothe: Computational analysis of binary collisions of shear-thinning droplets, *J. Non-Newtonian Fluid Mechanics* 166, 799-810 (2011).
- [13] S. Gross, A. Reusken: *Numerical Methods for Two-Phase Incompressible Flows*. Springer Series in Comp. Math. 40, Springer 2011.
- [14] C. Ma, D. Bothe: Direct Numerical Simulation of thermocapillary flow based on the volume of fluid method, *Int. J. Multiphase Flow* 37, 1045-1058 (2011).
- [15] M. Rieber: *Numerische Modellierung der Dynamik freier Grenzflächen in Zweiphasenströmungen*. Fortschritt-Berichte VDI: Reihe 7, Strömungstechnik 459. Dissertation, Univ. Stuttgart 2004.
- [16] J.C. Slattery, L. Sagis, E.-S. Oh: *Interfacial Transport Phenomena* (2nd ed.). Springer 2007.
- [17] G. Tryggvason, R. Scardovelli, S. Zaleski: *Direct Numerical Simulation of Gas-Liquid Multiphase Flows*. Cambridge Univ. Press, Cambridge 2011.



**Dieter Bothe** ist Professor für Mathematische Modellierung und Analysis am Fachbereich Mathematik und Leiter des gleichnamigen Fachgebiets am Center of Smart Interfaces der Technischen Universität Darmstadt. Er studierte Mathematik mit Nebenfach Informatik, sowie Physik an der Universität Paderborn, wo er auch 1993 promovierte und sich in 2000 habilitierte. Von 1999 bis 2005 war er zunächst Hochschulassistent, dann Hochschuldozent am Institut für Technische Chemie und Chemische Verfahrenstechnik der Universität Paderborn, wo er die Arbeitsgruppe „Modellierung, Analysis und Simulation von Mehrphasenströmungen“ leitete. Von 2005 bis 2009 hatte er den Lehrstuhl für Mathematik am Center for Computational Engineering Science (CCES) an der RWTH Aachen inne, ab 2006 war er Co-Direktor des CCES bis er in 2009 den Ruf auf eine Forschungsprofessur am Center of Smart Interfaces annahm. Dieter Bothe ist berufenes Mitglied der ProcessNet Fachausschüsse „Mehrphasenströmungen“, „Mischvorgänge“ und „Computational Fluid Dynamics“. Er ist im Editorial Advisory Board des International Journal of Multiphase Flow und Koordinator des Schwerpunktprogramms 1506 „Transportprozesse an fluiden Grenzflächen“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Seine Forschungen beschäftigen sich mit nichtlinearen Evolutionsgleichungen, Reaktions-Diffusions-Systemen und mit Transportprozessen in Zweiphasenströmungen, wobei er Modellierung mit mathematischer Analysis und numerischer Simulation verbindet, um Prozesse aus den Natur- und Ingenieurwissenschaften zu analysieren, zu beschreiben und tiefgehend zu verstehen.



The image shows a woman with brown hair tied back, wearing a light blue long-sleeved V-neck shirt and grey cargo pants with a grey belt. She is smiling and gesturing with her hands as if presenting. Behind her is a whiteboard filled with handwritten mathematical equations in blue ink. The equations include a matrix  $\begin{pmatrix} 0 \\ -10 \\ 0 \end{pmatrix}$ , a summation  $\sum^F = n^F$ , another summation  $\sum^G = n^G$ , a partial derivative  $\frac{\partial E(x)}{\partial x}$ , and a complex equation  $n^F \xi_s = 1 + r \xi - n^S \alpha_s$ . There are also some smaller notations like  $\frac{n^F}{n^F}$  and  $\frac{\partial f}{\partial x}$ .

# Forschen und Lehren in guter Gesellschaft

Foto: Peter Ulrich Hein



**MITGLIED WERDEN!**

**Prof. Dr. Max Wardetzky** studierte an der Humboldt-Universität Berlin Mathematik mit Nebenfach Physik. Nach Erhalt seines Diploms ging er 1998 mit einem Piotr-Mikulski Fellowship als Ph.D.-Student an die University of Maryland at College Park. Während dieser Zeit entstand sein Interesse an geometrischen Problemen in der Computergrafik, woraufhin er im Jahr 2000 zunächst in die freie Wirtschaft zur mental images GmbH nach Berlin wechselte. Nach zwei Jahren professioneller Softwareentwicklung zog es ihn zurück an die Universität, wo er 2006 mit summa cum laude an der FU Berlin auf dem jungen Gebiet der diskreten Differentialgeometrie bei Prof. Dr. Konrad Polthier promovierte. Von 2007 bis 2008 war er am Berliner Matheon als Postdoc tätig. Seit 2008 forscht und lehrt er als Juniorprofessor am Institut für Numerische und Angewandte Mathematik der Georg-August-Universität Göttingen. Dort leitet er die im Rahmen der Exzellenzinitiative geförderte Nachwuchsgruppe „Diskrete Differentialgeometrie“. Seit 2010 ist er Koordinator des BMBF Verbundprojektes GeoMec. Er ist Teilprojektleiter im Göttinger SFB 755 „Nanoscale photonic imaging“. 2011 war er u.a. Gastprofessor am Laboratoire Jean Kuntzmann der Universität Grenoble.

Wardetzky's Forschungsfeld ist das junge Gebiet der diskreten Differentialgeometrie (DDG). Ausgangspunkt der DDG ist es, gekrümmte Mannigfaltigkeiten nicht als idealisiert glatt, sondern ab initio als diskret zu verstehen. Beispielsweise werden Flächen als irreguläre polygonale Netze oder sogar nur als Punktwolken repräsentiert - so wie sie beim geometrischen Modellieren oder in Messprozessen, wie beim 3D Scanning, auf natürliche Weise entstehen. Wardetzky beschäftigt sich im Rahmen der DDG mit der Übertragung klassischer differentialgeometrischer Konzepte, wie Krümmungen und Differentialoperatoren, von der glatten in eine rein diskrete Theorie. Dabei stehen für ihn neben theoretischen Aspekten insbesondere auch Anwendungen in der Computergrafik und der Strukturmechanik im Zentrum des Interesses. Ein Schwerpunkt seiner Arbeit besteht in einer so genannten strukturerhaltenden Diskretisierung: Axiome, Invarianten und fundamentale Eigenschaften der etablierten klassischen Theorie sollen im Diskreten gewahrt und imitiert werden.

Strukturerhalt beschäftigt Wardetzky insbesondere aus Sicht robuster physikalischer Simulationen. Er untersucht geometrisch-nichtlineare Modelle dünner Platten, Schalen und Balken, die physikalische Erhaltungssätze (wie Erhalt von Impuls und Drehimpuls) beim Übergang vom Glatten ins Diskrete exakt - und nicht nur approximativ - wahren. Das wirft insbesondere das Problem einer Diskretisierung der zu Grunde liegenden Differentialoperatoren und Krümmungsmaße auf. Strukturerhalt ist hier keineswegs automatisch: Werden etwa Krümmungen im Diskreten durch zweite Ableitungen approximiert, so geht die Invarianz der elastischen Energie unter Drehtransformationen verloren durch die Einführung einer koordinaten-abhängigen Parameterisierung. In seiner Arbeit sucht Wardetzky

deshalb nach parametrisierungs-unabhängigen diskreten Krümmungsmodellen, die sowohl konvergent, als auch auf größten Skalen strukturerhaltend sind. Dieser Ansatz

führt zu Effizienz, ohne physikalische Prinzipien zu verletzen. Wardetzky's Arbeiten beinhalten sowohl Konvergenzuntersuchungen [1,2] als auch eine axiomatische Behandlung strukturerhaltender Modelle [3,4,5]. Seine Arbeiten beschreiben insbesondere gewisse Grenzen „perfekter“ diskreter Laplaceoperatoren [4] und ermöglichen eine geometrische Interpretation gewisser mimetischer Finite-Differenzen-Verfahren für Laplaceoperatoren auf polygonalen Netzen [5].

Im Kontext des Strukturerhalts ist für Wardetzky eine zentrale Frage das Auffinden des „besten“ diskreten Modells für eine feste endliche Gitterweite - im Gegensatz zur ausschließlichen Untersuchung des Verhaltens eines Modells im Limes einer Gitterverfeinerung. Er hat zusammen mit Kollegen aus Frankreich und den USA ein effizientes diskretes

Modell dünner elastischer und viskoser Stäbe entwickelt, das insbesondere die geometrische Struktur des glatten Kirchhoffschen Stabmodells exakt widerspiegelt [6,7] (siehe Abb.). Aufgrund seiner Effizienz wird dieses Modell derzeit erfolgreich in kommerziellen Softwareumgebungen und in der Filmindustrie zur realistischen Simulation von dünnen elastischen Strukturen (Haare, Felle) eingesetzt. Das Modell ist ferner Grundlage einer im Rahmen des Göttinger SFB 755 geförderten Projektes zur Simulation von Stressfaser-Netzwerken in biologischen Zellen. Ein weiterer Ausbau dieses Modells in Richtung diskreter geometrisch-nichtlinearer Strukturmodelle dünner Platten und Schalen findet momentan in enger Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer ITWM in Kaiserslautern statt und ist Gegenstand des BMBF Verbundprojektes GeoMec „Diskrete geometrische Strukturmechanik für Anwen-

## STECKBRIEF



dungen in virtueller und erweiterter Realität“. Ein Ziel dieses Verbundprojektes ist u.a. die Entwicklung effizienter

Simulationen für die virtuelle Produktentwicklung in der Automobilindustrie.

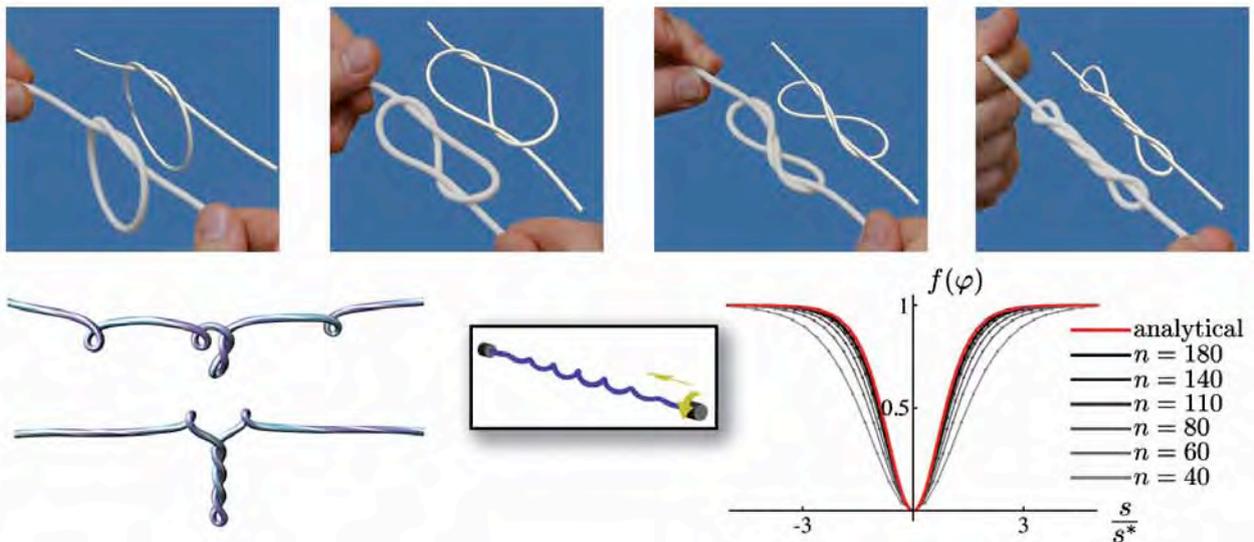


Abbildung 1: Obere Reihe: Qualitative Aspekte - physikalische Simulation im Vergleich zum Experiment. Das Verdrillen eines Knotens bringt unterschiedlichste Formen hervor, die eine Simulation beruhend auf „Discrete Elastic Rods“ [6] mit hoher Genauigkeit zu reproduzieren vermag. Unten links: Die Entstehung von so genannten Plektonemen durch Verdrillen der Enden eines eingespannten elastischen Stabes. Unten rechts: Quantitative Aspekte - Konvergenz. Wird ein Ende eines eingespannten isotropen Stabes um einen festen Winkel verdreht und quasi-statisch auf das andere Ende zubewegt, entsteht eine analytisch berechenbare Form, zu der das Modell in [6] unter Verfeinerung konvergiert.

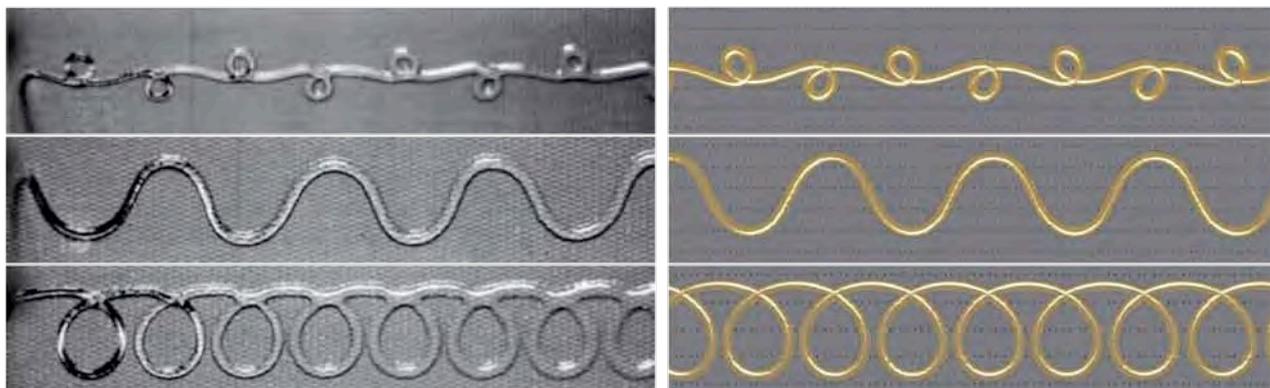


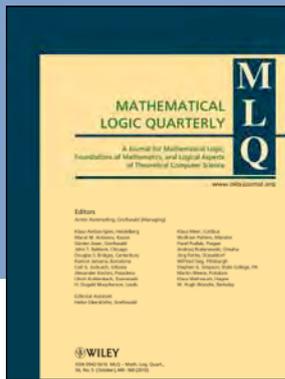
Abbildung 2: Trifft ein dünner Faden eines viskosen Materials auf ein sich bewegendes Band stetig abnehmender Geschwindigkeit, so entstehen verblüffend vielfältige Muster. Eine Simulation (rechts) beruhend auf „Discrete Viscous Threads“ [7] reproduziert dieses komplexe Verhalten und stimmt mit Beobachtungen dieses Phänomens in Laborexperimenten (links; Quelle: Chiu-Webster and Lister 2006) überein.

## Literatur

- [1] K. Hildebrandt, K. Polthier, M. Wardetzky, On the Convergence of Metric and Geometric Properties of Polyhedral Surfaces, *Geometriae Dedicata* 123, 89-112, 2006.
- [2] U. Bauer, K. Polthier, M. Wardetzky, Uniform Convergence of Discrete Curvatures from Nets of Curvature Lines, *Discrete and Computational Geometry* 43:4, 798-823, 2010.
- [3] M. Wardetzky, M. Bergou, D. Harmon, D. Zorin, E. Grinspun, Discrete Quadratic Curvature Energies, *Computer Aided Geometric Design (CAGD)* 24, 499-518, 2007.
- [4] M. Wardetzky, S. Mathur, F. Kälberer, E. Grinspun, Discrete Laplace operators: No free lunch, *Symposium on Geometry Processing*, 33--37, 2007.
- [5] M. Alexa und M. Wardetzky, Discrete Laplacians on General Polygonal Meshes, *ACM Transaction on Graphics* 30:4 (SIGGRAPH), im Druck, 2011.
- [6] M. Bergou, M. Wardetzky, S. Robinson, B. Audoly, E. Grinspun, Discrete Elastic Rods, *ACM Transaction on Graphics* 27:3 (SIGGRAPH), 63:1-63:12, 2008.
- [7] M. Bergou, B. Audoly, E. Vouga, M. Wardetzky, E. Grinspun, Discrete Viscous Threads, *ACM Transaction on Graphics* 29:4 (SIGGRAPH), 116:1-116:10, 2010.

## Kontakt

Prof. Dr. Max Wardetzky  
 Institut für Numerische und Angewandte Mathematik  
 Universität Göttingen  
 Lotzestr 16-18  
 37083 Göttingen



## Mathematical Logic Quarterly

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

2011. Volume 57, 6 issues.  
Print ISSN 0942-5616  
Online ISSN 1521-3870

### Managing Editors

B. Löwe, Amsterdam,  
NL & Hamburg, GER  
K. Meer, Cottbus, GER  
P. Pudlak, Prague, CZ

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

### Hot Papers

- On coding uncountable sets by reals (2010, 56, 409)
- The quantifier complexity of polynomial-size iterated definitions in first-order logic (2010, 56, 573)
- On the computational content of the Bolzano-Weierstraß Principle (2010, 56, 508)
- Proof interpretations with truth (2010, 56, 591)

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



## Mathematische Nachrichten

**Mathematical News**

2011. Volume 284, 18 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.

### Hot Papers

- Erhard Schmidt and his contributions to functional analysis (2010, 283, 6)
- Sheaves of  $C^*$ -algebras (2010, 283, 21)
- Weighted Markov-type inequalities, norms of Volterra operators, and zeros of Bessel functions (2010, 283, 40)
- The Dirichlet problem for second order parabolic operators in non-cylindrical domains (2010, 283, 522)

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



## ZAMM

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

2011. Volume 91, 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. Wieners, 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 Chemical Vapor Infiltrated C/C Composites  
Guest-Editors: Thomas Böhlke and Igor Tsukrov
- Mathematical Elasticity In Memory of Prof. Iosif Vorovich's 90<sup>th</sup> Birthday  
Guest-Editors: Victor A. Eremeyev and Leonid P. Lebedev

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



## GAMM – Mitteilungen

**GAMM – Reports**

2011. Volume 34, 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

- Mathematical Problems in Solid Mechanics  
Guest-Editors: H. D. Alber, P. Neff and A. Visintin
- Reflections on the History of Mechanics  
Guest-Editor: E. Stein

### Hot Papers

- Solving geometrically exact micromorphic elasticity with a staggered algorithm (2010, 33, 57)
- Semismooth Newton methods for variational problems with inequality constraints (2010, 33, 8)

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



## PAMM

**Proceedings in Applied Mathematics and Mechanics**

2011. Volume 11 (online only).  
Online ISSN 1617-7061

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

### Coming in Volume 11:

The Proceedings of the 82<sup>nd</sup> Annual Meeting of the International Association of Applied Mathematics and Mechanics (GAMM 2011), at Graz University of Technology, Austria, April 18 - 21, 2011.

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



[wileyonlinelibrary.com/subject/mathematics](http://wileyonlinelibrary.com/subject/mathematics)

For subscription details please contact  
Wiley Customer Service:

WILEY-BLACKWELL

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

# OPENING ADDRESS AT GAMM 2011

## VOLKER MEHRMANN

Dear Rektor Sünkel, dear GAMM members,

I will give this speech in English because there are several members and guests of GAMM 2011 that do not speak German and because my Steyrish is very weak.

I wish all of you a warm welcome to the annual meeting of GAMM in Graz. This is the second meeting in Graz, the last time was 35 years ago. We will certainly hear more about this beautiful city and the scientific work going on in Graz, but I would like to thank the local organizers Günter Brenn, Gerhard Holzapfel, Martin Schanz and Olaf Steinbach and their staff for the hard work in organizing the meeting. I am sure it will be a great success.

This is my first annual meeting as president of GAMM and I consider it a great honor and privilege to stand here and address you. Let me take this opportunity to discuss a few ideas about the current situation and future developments. First of all I would like to thank my predecessor Peter Wriggers for his work for GAMM in the last three years and also congratulate him to his 60th birthday that we celebrated in February.

In the second decade of the 21st century model based design control and optimization has become a paradigm of scientific, technological and societal development. Today no car, aircraft, computer-chip, pharmaceutical drug or medical device is developed without a detailed modeling, followed by a simulation via sophisticated numerical methods and clearly also a lot of experimental tests.

But the technological challenges are getting larger and larger and the models are getting more and more complex. Moreover, based on these models products are optimized and processes are controlled. But this is not the end of the story, as we can see from the tragic events in Japan, a detailed analysis of the technological risks needs modeling, simulation and analysis again.

Our society is right in the middle of this development. Basic research in Applied Mathematics and Mechanics is absolutely essential as well as the transfer of these results into industrial and economic practice. But as good scientists we constantly have to question and improve the models and methods that we are using.

All this is a real chance for GAMM. To meet these challenges, we have to work hard and we need a lot of competent young scientists, we have to educate them to be able to cope with the future and we have to integrate them into our society. To be ready for the challenges:



- We have to integrate the many GAMM members from non-German speaking countries and to support their activities;
- We have to take a position or even lobby with national and European ministries and funding organizations for more financial support for Applied Mathematics and Mechanics;
- We have to take a position in the construction and further development of study programs, including Master and PhD programs;
- We have to strengthen the role of the GAMM activity groups, support them in their activities for scientific development as well as the application for joint research programs, as e.g. DFG priority programs;
- and much much more.

All these points show that GAMM has a lot of work to do, but the unique feature of GAMM of being an interdisciplinary and international society is a burden as well as a chance to really make an impact. I hope you all will help GAMM to succeed in these endeavors.

With these final words I wish all of you a scientifically and socially successful meeting here in Graz.

## 82. GAMM-JAHRESTAGUNG

### MARTIN SCHANZ, GRAZ

Zum zweiten Mal war die GAMM mit ihrer Jahrestagung in Graz zu Gast. Nach 1976, als zum ersten Mal eine Jahrestagung der GAMM an der Technischen Universität Graz stattfand, akzeptierte die GAMM zum zweiten Mal die Einladung der TU Graz, ihre Jahrestagung in der Landeshauptstadt der Steiermark abzuhalten. Dies traf sich bestens mit der 200-Jahr Feier der TU Graz, die dieses Jubiläum dieses Jahr feiern darf. Als eine der beiden österreichischen technischen Universitäten war es ihr eine große Freude, die GAMM beherbergen zu dürfen. Auf Grund der großen Teilnehmerzahl hatten die Organisatoren sich entschieden, die Tagung im Grazer Kongress mitten in der Stadt abzuhalten. Der Grazer Kongress ist ein historischer Veranstaltungsort, der zum Teil auf das Jahr 1885 zurückgeht. Damit konnte eine Tagung der kurzen Wege sowohl für den wissenschaftlichen Teil als auch beim geselligen Teil realisiert werden. Dazu kam noch eine Woche mit perfektem Wetter, so dass die Stadt selbst mit mediterranem Flair glänzen konnte. All dies zusammen führte zu einer angenehmen Atmosphäre der Tagung.

Mehr als 930 Teilnehmer aus über 32 Ländern trafen sich zu rund 780 Vorträgen, verteilt auf 10 Hauptvorträge, 12 Minisymposia, 24 Sektionen, den öffentlichen Vortrag und die Prandtl-Gedächtnis-Vorlesung.

Die Konferenz wurde eröffnet durch ein Grußwort des Rektors der TU Graz, Prof. Dr. H. Sünkel, der 1988 selbst Teilnehmer einer Jahrestagung der GAMM war. Durch sein persönliches Forschungsfeld, der Bestimmung des Erdschwerefeldes, und als Teilnehmer an der GOCE-Mission, konnte er sehr glaubhaft seine Freude darstellen, dass die GAMM die TU Graz als Tagungsort gewählt hat. Dabei erwähnte er auch, dass die GAMM-Jahrestagung ein wesentliches Element der Feierlichkeiten zum 200-jährigen Bestehen der TU Graz darstellt.

Anschließend eröffnete der Präsident der GAMM, Prof. Dr. V. Mehrmann, die Tagung mit einer Ansprache, in der er die Herausforderungen der Zukunft für die GAMM darstellte und auch die sich dadurch ergebenden Chancen skizzierte.

Traditionsgemäß schloss an die Eröffnung die Prandtl-Vorlesung an, die gemeinsam mit der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt (DGLR) veranstaltet wird. Der diesjährige Vortrag zum Thema „Turbulence statistics along gradient trajectories“ wurde von Prof. Dr.-Ing. Norbert Peters (RWTH Aachen) gehalten. Dies eröffnete den wissenschaftlichen Teil der Tagung, der durch Hauptvorträge und Minisymposien fortgesetzt wurde.

Am Abend des ersten Tages wurden die Teilnehmer vom Bürgermeister der Stadt Graz und vom Landeshauptmann der Steiermark zu einem Empfang in die Aula der Alten



Universität eingeladen. Nach einigen Grußworten konnten die Teilnehmer bei Buffet und Getränken die historischen Räume genießen. Ein weiterer Höhepunkt war der öffentliche Vortrag zum Thema „Die Bestimmung des Erdschwerefeldes mittels Satelliten - eine mathematisch-numerische Herausforderung“, der vom Rektor der TU Graz, Herrn Prof. Dr. Hans Sünkel, gehalten wurde. Daran anschließend fand das Konferenzdinner mit 450 Teilnehmern im historischen Teil des Kongresses, im Stefaniensaal und im Blauen Salon statt.

Auch der wissenschaftliche Teil kam nicht zu kurz. Von Dienstag Nachmittag bis zum Donnerstag Nachmittag waren jeweils 24 parallele Sitzungen mit Vorträgen gefüllt. An den Vormittagen waren jeweils die Hauptvorträge, die Young Researchers' Minisymposia und der Vortrag des Von-Mises-Preisträgers, Prof. Oliver Röhrle, angesetzt und erfreuten sich guten Besuches. Zum zweiten Mal wurde die Sektion „Geschichte der Mechanik“ mit 10 Vorträgen abgehalten. Diese Sektion fand im historischen Ambiente des Stefaniensaals von 1885 statt. Hervorzuheben ist, dass alle Sektionen genügend Vortragende fanden, wobei die Spitzenreiter 72 Vorträge zu verzeichnen hatten. Wie üblich bei der GAMM war damit die ganze Bandbreite der angewandten Mathematik und Mechanik vertreten.

Abschließend möchten sich die lokalen Organisatoren, Prof. G. Brenn, Prof. G.A. Holzapfel, Prof. M. Schanz und Prof. O. Steinbach bei der Geschäftsstelle der GAMM und dem Vorstand für die Unterstützung bedanken. Im Wesentlichen gilt unser Dank allerdings den Sekretariaten der beteiligten Institute und allen Helfern, die eine reibungslose Tagung ermöglichten.

# RICHARD-VON-MISES-PRIZE 2011

## LAUDATION ON OLIVER RÖHRLÉ BY WOLFGANG EHLERS

It is a great pleasure for me to introduce Junior Professor Oliver Röhrle, this years' Richard-von-Mises Prize recipient of our society.

In the true sense of the GAMM, Oliver Röhrle can look back on an extensive international career in Applied Mathematics and Mechanics, the core fields of our society.

Born in October 1973, Oliver Röhrle studied from 1994 to 2000 mathematics combined with economical affairs (Wirtschaftsmathematik) at the University of Ulm. During this time, he already actively pursued opportunities to carry out parts of his studies overseas.

In 1997, he successfully applied for a three month internship organised by the International Association for the Exchange of Students for Technical Experience (IAESTE) at the Technion in Haifa, Israel, which was partially funded by the DAAD.

Further, in August 1998, he enrolled at the Department of Mathematics at the University of Wisconsin at Milwaukee (USA) as a master student. Within less more than one year, he managed to finish all the programme requirements and was awarded a Master of Science in Mathematics in September 1999.

Although his focus at the University of Ulm and at the University of Wisconsin at Milwaukee was on numerical methods for ODE, he realised that his true interests are numerical methods for PDE arising from mechanically-based, engineering-type applications.

However, to pursue an academic career in that field, he felt that he would still need to strengthen this knowledge through additional coursework in subjects like functional analysis, iterative methods, or high-performance computing. Knowing the academic system in the US well, he thought that pursuing a PhD at a top US university would provide him with the best opportunity as most US universities still require additional coursework as part of their PhD programmes.

The University of Colorado at Boulder (USA) provided him with just this chance by accepting him to the PhD programme for the fall 2000 semester. Through the university, he also was offered competitive scholarships and stipends to finance his entire PhD studies. As far as I am aware, the scholarships and stipends covered not only his tuition but also some parts of the living costs.

For his research, he joined the "Computational Mathematics" group lead by Prof. Steve McCormick and Prof. Tom Manteuffel. His research interests focused on least-squares finite-element methods for first-order systems (FOSLS). It included efficient solvers for nonlinear systems of PDE with a special focus on the steady-state incompressible Navier-Stokes equations. The core of his PhD thesis is a novel multilevel projection method that is capable of solving a particular class of nonlinear PDE (the quasi-linear ones including the steady-state Navier-Stokes equations rewritten as a first-order system) without appealing to a linearisation step at all.

After finishing his PhD in August 2004, Oliver Röhrle sought new opportunities and challenges to apply his knowledge in computational mathematics to efficiently solve mechanically-based, engineering-type applications. The multi-scale and multi-physics nature of problems arising in bioengineering caught his particular interest. He successfully applied for a research scientist position at the Auckland Bioengineering Institute (ABI) at the University of Auckland in New Zealand. This Institute is lead by Prof. Peter Hunter and it is widely considered, with meanwhile approximately 150 employees, as one of the world-leading institutions for biomedical engineering.

During his time at the Bioengineering Institute, he focused on dental applications and on modelling biological soft tissue – in particular, the mechanics of skeletal muscle tissue. He developed, for example, a novel methodology to incorporate anatomical features of a



skeletal muscle's anatomical structure and its physiology within one framework. The result is a unique electrophysiological skeletal muscle model that links, within one model, cellular properties to continuum-mechanical principles of the whole muscle.

In the field of orthodontics, he started investigating the relationships between chewing trajectories and functional tooth surfaces, in the sense of "a virtual masticator". Through his collaborative work with different research groups focusing on mastication, he initiated the "Biomouth Research Group" at Auckland.

After the "Cluster of Excellence in Simulation Technology" has been approved by the German Science Foundation (DFG), we have been looking for Juniorprofessors in various fields, among these positions the interesting post of a Juniorprofessor for "Continuum Biomechanics and Mechanobiology". In the framework of a Juniorprofessor conference in the early summer of 2008, we could convince Oliver Röhrle to consider joining SimTech and the Stuttgart Research Centre for Simulation Technology.

You may imagine that I was delighted that Oliver Röhrle sought a new challenge back in Germany when he accepted our offer to return to Germany after almost 10 years abroad. Since then, he has enriched my Institute and the Cluster of Excellence for Simulation Technology with his vast knowledge and his linkages to international research institutions working on the vision of a Virtual Physiological Human and the Physiome Project. Basic research on the mechanics of skeletal muscles on different scales also remains his and his SimTech research group's main focus in Stuttgart. Coupling isolated methods capturing different physical aspects on different scales, such as coupling multi-body-dynamics simulations with continuum-mechanical approaches within one integrated framework, is just one of his current research focuses. Such research can only be

successful within an interdisciplinary research environment. To achieve this, he has been already very successful in bringing together several research groups within the University of Stuttgart and to push forward the SimTech's vision of an "overall human model".

Through his international career, his linkages and collaborations are, however, not only limited to SimTech or the University of Stuttgart. He maintains a large network of international renowned researchers in Asia and Australia as well as in the US and Europe. His international reputation is, for example, also demonstrated by his role as the coordinator of an EU FP7 Marie-Curie International Research Training Network (IRSES), which involves researchers from Brisbane (Australia), Auckland (New Zealand), Leeds (UK), and, of course, Stuttgart (Germany).

In the future, he would like to extend his basic research on skeletal muscle modelling to clinical applications by developing a virtual orthopaedic laboratory. To achieve his goal, he started collaborating with researchers at the Fraunhofer Institute for Manufacturing Engineering and Automation (IPA) in Stuttgart. Further, he wants to extend his current research on skeletal muscle modelling to novel computational methods for forward dynamics using volumetric musculoskeletal models and the finite-element method, something that has not been attempted so far.

Dear Oliver, I personally would be delighted, if you would continue to pursue these goals as part of SimTech. I would like to sincerely congratulate you on receiving this year's von-Mises Prize, an honour, which you truly deserve for your outstanding contributions in the fields of applied mathematics and mechanics, in your case biomechanics. We are all excited to get some insights in your research on "The Virtual Skeletal Muscle - A Multi-Scale and Multi-Physics Challenge". So, Oliver, it's your turn to present your lecture.

# BESCHLUSSPROTOKOLL ZUR HAUPTVERSAMMLUNG 2011 DER GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE MATHEMATIK UND MECHANIK E.V.

Die Hauptversammlung der GAMM-Jahrestagung 2011 in Graz fand am Mittwoch, dem 20. April 2011, in der Zeit von 11:00 – 12:45 Uhr im Stefaniensaal des Grazer Congress statt. Zu Beginn der Veranstaltung waren 127 Mitglieder anwesend. Den Vorsitz der Hauptversammlung führte der Präsident Herr V. Mehrmann, das Protokoll führte der Sekretär Herr M. Kaliske.

Alle Mitglieder wurden satzungsgemäß unter Angabe der folgenden Tagungsordnung im Februar 2011 schriftlich eingeladen:  
1. Bericht des Präsidenten, 2. Bericht des Schatzmeisters, 3. Bericht der Kassenprüfer 4. Entlastung des Vorstandes, 5. Wahlen:

*Kassenprüfer:* Margareta Heilmann, Bernd Tibken; *Vorstand:* Michael Kaliske (Sekretär), Dresden, Festkörpermechanik, Amtszeit bis 2011, wieder wählbar; Michael Günther (Schatzmeister), Wuppertal, Angew. Mathematik, Amtszeit bis 2011, wieder wählbar  
*Vorstandsrat:* Andreas Griewank, Berlin, Numerische Analysis, 1. Amtszeit bis 2011, wieder wählbar; Martin Oberlack, Darmstadt, Strömungsmechanik, 1. Amtszeit bis 2011, wieder wählbar; Jörg Schröder, Duisburg-Essen, Festkörpermechanik, 1. Amtszeit bis 2011, wieder wählbar; Gerhart Schuëller, Innsbruck, Stochastik/Optimierung, 1. Amtszeit bis 2011, wieder wählbar

6. Satzungsänderung; 7. Mitgliedsbeiträge; 8. Fachausschüsse; 9. Verschiedenes

Die vorgeschlagene Tagungsordnung wurde auf Antrag des Sekretärs um den neuen Tagesordnungspunkt *Ehrenmitglieder* ergänzt und einstimmig angenommen.

## 1. Bericht des Präsidenten

Der Präsident informiert über:

das Ableben von Mitgliedern der Gesellschaft, Zukunftsfragen der GAMM, die Gründung der Dr.-Klaus Körper Stiftung, die Einführung von GAMM Repräsentanten, die GAMM-Fachausschüsse, die Mitgliederbewegung im Berichtszeitraum, die Vorbereitung und Planung der zukünftigen GAMM-Jahrestagungen, die Einführung der GAMM Lecture Notes, den Internetauftritt der GAMM.

## 2. Bericht des Schatzmeisters

Der Schatzmeister, Herr M. Günther, stellt den Kassenbericht für den Zeitraum vom 01.01.2010 bis 31.12.2010 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 2010. Die Überprüfung der Einnahmen und Ausgaben erfolgte stichprobenartig auf der Grundlage des Kassenberichts des Schatzmeisters. Alle vorgelegten Unterlagen waren vollständig. Es ergaben sich keine sachlichen Beanstandungen, Empfehlungen wurden nicht ausgesprochen. Die Kassenprüfer beantragen die Entlastung des Schatzmeisters.

## 4. Entlastung des Vorstandes

Auf Antrag von Frau H. Faßbender, Braunschweig, wird der Vorstandsrat einstimmig bei 7 Enthaltungen entlastet.

## 5. Neuwahlen

Der Vizepräsident und Vorsitzende der Wahlkommission, Herr P. Wriggers, leitet das Wahlverfahren. Einstimmig werden die Kassenprüfer Frau M. Heilmann und Herrn B. Tibken wiedergewählt.

Der Vorsitzende der Wahlkommission stellt die zur Wahl stehenden Kandidaten vor. Die geheime Abstimmung (Urnenwahl) führt auf folgendes Ergebnis:

### Sekretär

Festkörpermechanik	M. Kaliske	110 Stimmen	(4 Enth.)
--------------------	------------	-------------	-----------

### Schatzmeister

Angewandte Mathematik	M. Günther	111 Stimmen	(3 Enth.)
-----------------------	------------	-------------	-----------

### Vorstandsrat

Numerische Analysis	A. Griewank	105 Stimmen	(9 Enth.)
---------------------	-------------	-------------	-----------

Strömungsmechanik	M. Oberlack	109 Stimmen	(5 Enth.)
-------------------	-------------	-------------	-----------

Festkörpermechanik	J. Schröder	107 Stimmen	(7 Enth.)
--------------------	-------------	-------------	-----------

Stochastik/Optimierung	G. Schuëller	90 Stimmen	(24 Enth.)
------------------------	--------------	------------	------------

Die jeweilige Amtszeit beginnt am 1. Januar 2012 und endet am 31. Dezember 2014.

## 6. Satzungsänderung

Alle Mitglieder wurden im Februar 2011 über den Wortlaut der geplanten Satzungsänderungen schriftlich informiert. Die Vollversammlung beschließt ohne Gegenstimme und mit 1 Enthaltung die Satzungsänderungen.

## 7. Mitgliedsbeiträge

Anträge oder Anfragen liegen nicht vor.

## 8. Fachausschüsse

Der Vizesekretär Herr Ehlers berichtet über die positive Evaluation der Fachausschüsse „Analyse von Mikrostrukturen“ und „Biomechanik“. Der Fachausschuss „Mehrfeldprobleme“ wird auf Antrag der Vorsitzenden Frau S. Reese geschlossen. Die Fachausschüsse „Dynamik und Regelungstheorie“ und „Stochastische Optimierung in der Technik“ werden neu gegründet. Ergänzungen oder Anfragen zu dem Bericht liegen nicht vor.

## 9. Ehrenmitglieder

Der Präsident Herr Mehrmann stellt den Antrag des Vorstandsrats vor, den Professoren E. Stein und K. Kirchgässner für ihre besonderen Verdienste um die von der Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik gepflegten Wissensgebiete die Ehrenmitgliedschaft zu verleihen. Der Beschluss erfolgt einstimmig ohne Enthaltung. Die GAMM spricht den beiden neuen Ehrenmitgliedern Dank und Anerkennung aus.

## 9. Verschiedenes

Es liegen keine Wortmeldungen vor. Die nächste Hauptversammlung findet voraussichtlich im März 2012 in Darmstadt statt.

Berlin, 02.05.2011  
Volker Mehrmann  
Präsident

Dresden, 29.04.2011  
Michael Kaliske  
Sekretär

## BERICHT DES PRÄSIDENTEN

### HAUPTVERSAMMLUNG GAMM 2011

Sehr geehrte GAMM Mitglieder, ich begrüße sie herzlich bei der diesjährigen Hauptversammlung der GAMM hier in Graz. Bevor ich meinen Bericht beginne möchte ich kurz einige grundsätzliche Punkte über den Stand und die Zukunft der GAMM ansprechen.

Modellierung, Simulation von komplexen realen physikalischen Prozessen steht heute im Mittelpunkt der Technologieentwicklung. Die Entwicklungsprozesse beschleunigen sich zur Zeit sehr stark. Zum Beispiel entsteht eine neue Handy-Generation heute innerhalb eines halben Jahres und wird i.w. vollständig im Rechner konzipiert, simuliert und optimiert.. Ein analoges Bild findet sich in fast allen Technologiebereichen bis hin zur Medizin. Für diese Entwicklung werden ausgereifte Modelle benötigt sowie gute Simulations-, Optimierungs- und Regelungsmethoden.

Die GAMM steht mit Ihren Themenfeldern sowie ihrer interdisziplinären und internationalen Ausrichtung in der Mitte diese Entwicklung, sollte sich aber in ihren Strukturen und auch in den Herangehensweisen sehr modernisieren. Wir müssen wesentliche Akzente setzen bei der Ausbildung, Weiterförderung und Integration des wissenschaftlichen Nachwuchses, wir müssen bei der Zusammenführung von mathematisch/mechanischer Grundlagenforschung bis hin zum Transfer in die Praxis eine Vorreiterrolle übernehmen und wir müssen als Gesellschaft sowohl auf nationaler als auch internationaler Ebene in den Ministerien und Förderinstitutionen präsent sein und die Bedeutung der Angewandten Mathematik und Mechanik stärker herausstellen.

Bericht:

Seit Beginn dieses Jahres ist die Dr. Klaus-Körper Stiftung etabliert. Durch die großzügige Erbschaft von Dr. Klaus-Körper hat die Stiftung ein Stiftungsvermögen von ca. 400 000 Euro welches insbesondere zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses in der GAMM dient. So ist bereits in diesem Jahr der Richard-von-Mises Preis von der Stiftung finanziert worden. Ein großer Dank geht an dieser Stelle an Prof. Wriggers, der in den letzten Jahren viel Mühe mit dem Verkauf des Hauses (samt Inhalt) sowie der Gründung der Stiftung hatte. Der Vorstand der GAMM hat ein Komitee zur Vergabe der Mittel installiert. Mitglieder sind die KollegInnen Conti, Günther, Reese, und Oberlack. Der Vorstand der Stiftung besteht aus den Kollegen Kaliske, Mehrmann und Wriggers (Vorsitz). Richtlinien und ein Aufruf zur Antragstellung werden im Internet und im nächsten Rundbrief veröffentlicht.

Im letzten Jahr hatte der Präsident angekündigt, dass ein Gruppe von ‚GAMM Juniors‘ ausgewählt werden soll. Dazu sollten Institutionen mit mehr als 5 GAMM Mitgliedern jeweils aus Ihrer Mitte einen GAMM Repräsentanten bestimmen, der die Vorschläge organisiert und an den Vorstand weiterleitet, der dann jährlich aus den Vorgeschlagenen 10 auswählt, die für 3 Jahre in der Gruppe tätig sind. Leider sind die Rückmeldungen aus den Institutionen sehr schleppend, so dass nur ein Drittel Repräsentanten bisher nominiert sind. In Kürze wird ein weiterer Aufruf erfolgen.



Wie im letzten Jahr angekündigt sind nun auch die Verträge mit dem Springer Verlag zur Herausgabe der GAMM Lecture Notes unterschrieben und alle Mitglieder sind aufgefordert Manuskripte einzureichen. Die Herausgeber A. Mielke und B. Svenson werden in Kürze die Richtlinien vorlegen. Diese werden im Netz und im Rundbrief veröffentlicht.

Die nächsten Jahrestagungen sind:

26.-30.3.2012 Darmstadt

18.-22.3.2013 Novi Sad

2014 Nürnberg/Erlangen

2015 noch nicht fest gelegt

2016 gemeinsam mit der DMV.

Die Rolle der Fachausschüsse soll gestärkt werden. Diese werden regelmäßig evaluiert (Herr Ehlers wird die Ergebnisse der diesjährigen Evaluierung in Top 8 vorstellen). Die Fachausschüsse sollen mehr Aktivitäten entfalten und Vorschläge für das Programm der Jahrestagungen und den Vorstandsrat machen.

Am 2. Mai findet ein BMBF Strategietag zum Thema Mathematik und Industrie statt, um das Mathematikprogramm der nächsten Jahre vorzubereiten. Es sollte überlegt werden, auch für die Mechanik Gespräche mit dem BMBF zu führen.

Der Internetauftritt der GAMM ist im letzten Jahr erneuert worden. Vielen Dank an Michael Kaliske und das Team der Geschäftsstelle für die Umstellung. Alle Mitglieder sind aufgefordert, Information und Korrekturen an die Geschäftsstelle zu senden.

## WAHLEN ZUM VORSTANDSRAT

### Aufruf des Präsidenten mit Bitte um Wahlvorschläge zur Vorstandswahl 2012

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 2012 zu besetzen. Die Amtszeiten werden 2013 beginnen.

#### Mitglieder des Vorstandsrats

Prof. S. Reese, Aachen, Kontinuumsmechanik, 2. Amtszeit bis 2012, nicht wieder wählbar

Prof. B. Wohlmuth, München, Angewandte Analysis und Numerische Simulation, 2. Amtszeit bis 2012, nicht wieder wählbar

Prof. P. Eberhard, Stuttgart, Dynamik und Regelungstheorie, 1. Amtszeit bis 2012, wieder wählbar

Die Quorenregelung verlangt, dass Wahlvorschläge für die 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 18.01.2012, bei der Geschäftsstelle eintreffen.

#### Vorstandswahl 2012

Die Stimmabgabe zur Vorstandswahl erfolgt entweder mittels Urnenwahl im Rahmen der Mitgliederversammlung

der Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik e.V. in Darmstadt am Mittwoch, dem **28. März 2012** 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 Darmstadt teilzunehmen und sich an der Wahl zu beteiligen. Die elektronische Stimmabgabe ist im Zeitraum vom **22. 02. 2011** bis **21. 03 2012** über die Internetseite der GAMM möglich.

Volker Mehrmann, Präsident

#### Mitglieder der Wahlkommission für die Vorstandswahlen 2011

Vorsitzender:

P. Wriggers, Hannover (Vizepräsident)

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 2012 in Darmstadt neu zu wählenden Mitglieder des Vorstandsrats beginnt am 01. Januar 2013.

## ELEKTRONISCHE WAHL

Auf der GAMM Hauptversammlung 2011 in Graz wurde mit 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)).

Informationen 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.

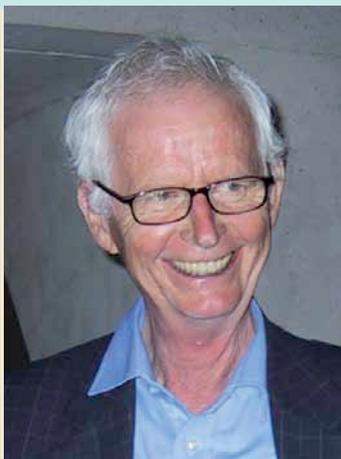
Für die Möglichkeit der elektronischen Stimmabgabe erhalten die Wahlberechtigten bis spätestens fünf Wochen vor der Hauptversammlung ein individuelles Passwort und eine Kennzahl, die für eine einmalige Wahlhandlung gültig sind und die Feststellung der Wahlbeteiligung ermöglichen. Das Passwort und die 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 Menüpunkt 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 im Menü die Wahlmöglichkeit zwischen der Änderung der Daten oder der Durchführung der elektronischen Wahl.
- Die elektronische Wahl wird über ein neues Web-Login Feld erreicht, in welches das zugesandte Wahlpasswort und Wahlkennwort eingegeben werden müssen.
- Nach erneutem erfolgreichen Einloggen kann nun die Wahl durchgeführt werden.
- Dazu ist auf die Kandidaten zu klicken, welche das Vertrauen für die kommende Wahlperiode erhalten sollen.
- **ACHTUNG ! Nachdem auf „Daten senden“ geklickt wurde, ist eine Änderung oder erneute Durchführung des Wahlvorganges nicht mehr möglich.**



## IN MEMORIAM – PROFESSOR DR. EM. KLAUS KIRCHGÄSSNER

Unser geschätzter Kollege und Freund Klaus Kirchgässner verstarb am 9. Juli 2011 im Alter von 79 Jahren und wurde in Konstanz-Allmannsdorf beigesetzt. Die Fachwelt verlor einen herausragenden Mathematiker und Hochschullehrer. Sein wissenschaftliches Erbe und seine Freundschaft werden uns stets in wertvoller Erinnerung bleiben.

Klaus Kirchgässner wurde am 26.12.1931 in Mannheim geboren, ist in Waldshut aufgewachsen und hat ab 1951 in Freiburg studiert. Bereits seine Doktorarbeit „Beiträge zur hydrodynamischen Stabilitätstheorie“, die er 1959 unter der Anleitung von Henry Görtler fertig stellte, zeigte seine besondere Fähigkeit, mechanische Probleme mathematisch zu erfassen und neue Lösungsmethoden zu entwickeln. Seine Habilitationsschrift „Verzweigungslösungen eines stationären, hydrodynamischen Randwertproblems“ legte den Grundstein für eine solide mathematische Behandlung strömungsmechanischer Fragestellungen. Er hat die Bifurkationstheorie und die dynamischen Systeme in Deutschland eingeführt und über viele Jahrzehnte international mit angeführt. Seine späteren Arbeiten zur Theorie der Wasserwellen haben international große Anerkennung gefunden, und die von ihm entwickelten „räumliche Dynamik“ und „räumliche Zentrumsmannigfaltigkeiten“ sind heutzutage ein unverzichtbares Werkzeug in der Verzweigungstheorie.

Nach 26-jähriger Dienstzeit am Mathematischen Institut A der Universität Stuttgart wurde Klaus Kirchgässner 1998 emeritiert. Viele Generationen von Studierenden und zahlreiche Nachwuchswissenschaftler wurden durch seine engagierte und fächerübergreifende Lehre und Denkweise geprägt und tragen diese heute weiter. Seine unterstützenden Ratschläge waren die Basis vieler wissenschaftlicher Karrieren. Über viele Jahre war er im Vorstand und anderen Gremien der GAMM aktiv, von 1980 bis 1983 als ihr Präsident und danach als Vizepräsident. In Leipzig hielt er 1992 die Ludwig-Prandtl-Gedächtnisvorlesung „Structure and Dynamic of Nonlinear Surface Waves“. Im Jahre 2011 ernannte die GAMM Klaus Kirchgässner zu einem ihrer Ehrenmitglieder. Von 1987 bis 1993 wirkte er als Mitglied des Senats der DFG, von 1986 bis 1997 arbeitete er im Beirat des Mathematischen Forschungsinstituts Oberwolfach, ab 1996 war er Mitglied der Heidelberger Akademier der Wissenschaften, und er leitete das International Program Committee der ICIAM 1995 in Hamburg. Sein großes Engagement in den vielfältigen Bereichen der Mathematik und Mechanik wurden allseits geschätzt. Wir werden den Wissenschaftler und Freund Klaus Kirchgässner vermissen.

Berlin, 11. August 2011 Alexander Mielke

## PERSONALIA

Wir gedenken:

Dipl.-Ing. Herbert Zehlein, Karlsruhe

Prof. H. Maurer, Münster

Prof. Franz Ebersoldt, Duisburg-Essen

Prof. Klaus Kirchgässner, Stuttgart

## PROGRAMMKOMITEE DER GAMM-JAHRESTAGUNG 2013 IN NOVI SAD

**L. Cvetkovic, Novi Sad**

**T. Atanackovi, Novi Sad**

**G. Schuëller, Innsbruck**

**A. Kecskeméthy, Duisburg-Essen**

**M. Behr, Aachen**

**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 28.01. und 29.01.2012 in Wuppertal statt.

Vorschläge zur Gestaltung des wissenschaftlichen Programms zur GAMM-Jahrestagung 2012 in Novi Sad können an die Mitglieder des Programmkomitees sowie die Geschäftsstelle der GAMM bis zum 31.12.2011 geschickt werden.

# GAMM-EHRENMITGLIEDSCHAFT ERWIN STEIN



Auf der Hauptversammlung der 82. GAMM-Jahrestagung, ausgerichtet von der Technischen Universität Graz, hat die GAMM Herrn Professor em. Dr.-Ing. habil. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. mult. Erwin Stein nach Bestätigung durch die Mitglieder zum Ehrenmitglied ernannt. Anlässlich seiner Ernennung hielt Prof. Schröder, Universität Duisburg-Essen, folgende Laudatio:

Sehr geehrte Damen und Herren,  
liebe GAMM-Mitglieder,

es ist mir eine große Freude Ihnen Herrn Kollegen Stein im Rahmen seiner Nominierung als Ehrenmitglied der GAMM vorzustellen. Hierbei werde ich mich auf seine Aktivitäten im Kontext der GAMM beziehen. Herr Kollege Stein verkörpert in idealer Weise das Leitbild der GAMM: Die Förderung der Zusammenarbeit von Mathematikern und Mechanikern. Dies hat er durch zahlreiche Forschungsstandems, die Organisation von Minisymposien, Fachausschüssen, Tagungen in Bad Honnef, Oberwolfach und an vielen anderen Orten realisiert. So wurde z.B. der „Fachausschuss für diskretisierende Methoden in der Festkörpermechanik“ auf seine Initiative hin im Jahre 1982 gegründet, dessen Vorsitz er dann zunächst übernahm. Ziel des Fachausschusses war es, die Kooperation zwischen Mathematikern und Mechanikern in diesem Forschungsgebiet zu intensivieren. Bei der Entwicklung der zugrunde liegenden anspruchsvollen numerischen Methoden sollten die mathematischen und mechanischen Aspekte gleichermaßen berücksichtigt werden. Der Fachausschuss hat nicht nur eine Reihe nationaler und internationaler Fachtagungen angeregt und durchgeführt, sondern auch auf Initiative seiner Mitglieder die Einrichtung des DFG-Schwerpunktprogramms „Randelementemethoden“ herbeigeführt.

Eine weitere, ihm sehr am Herzen liegende Aufgabe ist die Ausgestaltung der Aktivitäten des Deutschen Komitees für Mechanik (DEKOMECH). Hier war er von 1987 bis 1997 Vorstandsmitglied, von 1990 bis 1996 Sekretär und von 1997 bis 2002 Vorsitzender des Komitees. Insbesondere ist hier der Arbeitsausschuss „Didaktik der Mechanik“ hervorzuheben sowie die 1999 in Metz verabschiedete „Denkschrift zur Didaktik der Mechanik“, die heute noch nichts an Aktualität verloren hat.

Seit 1988 ist er Mitglied der International Society for the Interaction of Mathematics and Mechanics. Von 1989 bis 1995 war er Mitglied des Vorstandsrates der GAMM. Seit 1989 ist er Mitherausgeber der „Mitteilungen der GAMM“, darüber hinaus ist er Mitglied der Editorial Boards folgender Zeitschriften: Int. J. Num. Mech. Engg., Int. J. Computers & Structures, Int. J. Comput. Mech., ZAMM, Int. J. Comput. Methods in Appl. Mech. Engg., Int. J. Engg. Computations; ferner war er Mitglied des Editorial Boards des Int. J. Plasticity.

1990 richtete er die Jahrestagung der GAMM an der Universität Hannover in Verbindung mit der 1. Leibniz-Ausstellung „Gottfried Wilhelm Leibniz als Philosoph, Mathematiker, Physiker, Techniker, ...“ aus; 10 weitere G.W. Leibniz-Ausstellungen folgten bereits.

1990 folgte die Initiierung der DFG-Forscherguppe „Zuverlässigkeit von Modellbildung und Berechnung in der Angewandten Mechanik“ an der Universität Hannover, deren Sprecher er auch war.

Von 1992 bis 1999 war er Sprecher des von ihm initiierten bundesweiten DFG-Forschungsprojekts „Adaptive finite-Element-Methoden in der numerischen Mechanik“ an dem vier Mathematiker und vier Ingenieure verschiedener Universitäten beteiligt waren. Die neue Sektion der GAMM-Tagung „Geschichte der Mechanik“ geht auf seine Initiative zurück und fand erstmalig auf der Jahrestagung 2010 in Karlsruhe statt, hierzu sei auf die Ausführungen im GAMM-Rundbrief 2/2010 verwiesen.

Ferner ist hervorzuheben, dass Professor Stein als Principal Editor zusammen mit R. de Borst und Th.J.R. Hughes 2004 die dreibändige „Encyclopedia of Computational Mechanics“ veröffentlichte, die 2007 auch als erweiterte Internetversion erschien.

Am Ende meiner Ausführungen zu der Persönlichkeit Erwin Stein möchte ich mit einem Dank, auch im Namen des Vorstands, eine Brücke zwischen dem 1931 geborenen Kollegen Stein und der Zukunftskommission der GAMM schlagen: Lieber Erwin, wir danken Dir herzlich für Dein jahrzehntelanges Wirken als Botschafter der GAMM, wodurch die Mathematik und Mechanik sichtbar gemeinsame Wege gegangen sind.

Jörg Schröder, Graz, 20. April 2011

Ausführliche Vita von Professor Stein finden sie unter:

<http://www.ibnm.uni-hannover.de/de/institut/das-team/professoren/stein/>

Details zur Leibniz-Ausstellung:

<http://www.uni-hannover.de/de/universitaet/leibniz/leibnizausstellung/>

# WISSENSCHAFTLICHE VERANSTALTUNGEN

## GAMM

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

**Tagungsjahr 2011 und 2012**

21. - 22. November 2011

**Workshop on Matrix Equations and Tensor Techniques**, Institut für Geometrie und Praktische Mathematik, Raum 149, RWTH Aachen, Templergraben 55, 52056 Aachen (Germany) <http://www.igpm.rwth-aachen.de/matrix-equations-workshop>

26. - 30. März 2012 in Darmstadt

**GAMM Annual Meeting**  
<http://www.gamm2012.tu-darmstadt.de>

18 - 22 Juni 2012

**2012 SIAM Conference on Applied Linear Algebra**  
Valencia, Spain, <http://siamla2012.webs.upv.es/>

*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/gammFA-biomech/>

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

## IUTAM

International Union of Theoretical and Applied Mechanics, <http://www.iutam.net>  
19 - 24 August 2012

## 23rd ICTAM 2012

Beijing, China, <http://www.ictam2012.org/>

## ECCOMAS

European Community on Computational Methods in Applied Sciences, <http://www.cimne.com/eccomas>  
10 - 14 September 2012

## ECCOMAS 2012

Vienna, Austria  
<http://eccomas2012.conf.tuwien.ac.at/>

## EUROMECH

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

## 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 2012

**MATHMOD 2012**  
Technische Universität Wien  
15. - 17. Februar 2012  
<http://www.mathmod.at/>

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

## AUFRUF ZUR EINREICHUNG VON FÖRDERANTRÄGEN AUS MITTELN DER „DR. KLAUS KÖRPER STIFTUNG“

Ab sofort besteht die Möglichkeit, Anträge auf Förderung aus Mitteln der „Dr. Klaus Körper Stiftung“ zu stellen. Der GAMM-Vorstandsrat hat hierzu eine Kommission eingesetzt, die über die eingereichten Förderanträge entscheidet. Der Kommission gehören der Schatzmeister Herr Günther (Wuppertal) als Vorsitzender sowie Frau Reese (Aachen), Herr Conti (Bonn) und Herr Oberlack (Darmstadt) an. Gemäß Stiftungszweck können Anträge auf finanzielle Unterstützung von Forschungs- und Entwicklungsprojekten auf den Gebieten der Angewandten Mathematik und Mechanik sowie Zuschüsse zur Ausbildung an junge Wissenschaftler gefördert werden. Beispiele hierfür sind: Förderung von Somerschulen, insbesondere Workshops der GAMM-Juniors, Nachwuchsförderpreise wie der Richard-von-Mises Preis der GAMM oder auch Mittel für Gäste, wenn im wesentlichen an eine Zusammenarbeit unter Nachwuchswissenschaftlern gedacht wird. Hierbei lässt sich die Kommission von folgenden Grundsätzen leiten:

- Es sollen junge Wissenschaftler bis zum Alter von 35 Jahren gefördert werden, die nicht unbefristet beschäftigt sein dürfen - die Altersgrenze verlängert sich um Zeiten des Wehr- und Zivildienstes sowie der Kindererziehung.
- Reisemittel im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsprojekten sind nur möglich, wenn nachweisbar keine andere Förderung möglich ist.
- Antragsteller sollten gleichzeitig GAMM-Mitglieder sein.
- Die maximale Förderhöhe beträgt im Allgemeinen € 5000,-, bei Reisemitteln und Gastaufenthalten jedoch maximal € 1000,-.

Anträge auf Förderung durch die „Dr. Klaus Körper Stiftung“ sind schriftlich oder per Email an den Kommissionsvorsitzenden

Uni.-Prof. Dr. Michael Günther  
Schatzmeister der GAMM e.V.  
Bergische Universität Wuppertal  
Fachbereich C  
Lehrstuhl für Angewandte Mathematik/  
Numerische Analysis  
Grußstraße 20  
D-42119 Wuppertal  
Email: [guenther@math.uni-wuppertal.de](mailto:guenther@math.uni-wuppertal.de)

zu stellen. Die Förderanträge müssen den Grund der Förderung im Sinne des Stiftungszweckes eingehend darstellen und die Förderhöhe sowie die zu fördernden Projekte bzw. Personen benennen. Die Anträge sollten 2 DIN A4-Seiten nicht überschreiten. Lebenslauf und Schriftenverzeichnis sind beizulegen.

Die Kommission trifft ihre Förderentscheidungen mindestens zweimal pro Jahr bis spätestens Ende März bzw. Ende September. Hierbei werden alle Anträge, die fristgerecht (Termine: 31.1. bzw. 31.7.) beim Kommissionsvorsitzenden eingereicht wurden, in die Auswahl einbezogen.

In 2011 erfolgt darüber hinaus eine Förderentscheidung Ende Dezember 2011 für alle Anträge, die bis spätestens 31.10.2011 eingereicht werden.

# Maple™ 15

Das unerlässliche Werkzeug für Mathematik und Modellierung



Maple, das Ergebnis von über 25 Jahren Forschung und Entwicklung, kombiniert die weltweit leistungsfähigste mathematische Engine mit einem intuitiven "Clickable" User Interface.

## Die wichtigste Neuausgabe von Maple seit 5 Jahren!

Über 270 neue mathematische Funktionen und über ein Tausend von Erweiterungen bereits existierender Algorithmen können Anwender von Maple 15 komplexere Aufgaben in kürzerer Zeit bewältigen. Wesentliche Erweiterungen wurden implementiert in den Bereichen:

- Parallelverarbeitung
- Berechnungs-Algorithmen
- Physik
- Konnektivität
- User Interface
- Regelungstechnik
- Finanztechnische Modellierung

Um eine Testversion von Maple 15 anzufordern, besuchen Sie bitte:

[www.maplesoft.com/GAMM\\_Maple](http://www.maplesoft.com/GAMM_Maple)



## MapleSim™ 5 Jetzt erhältlich!

Hochleistungsumgebung zur Physikalischen Modellierung und Simulation

MapleSim ist ein einzigartiges Werkzeug zur physikalischen Modellierung. Seine Kerntechnologie besteht in symbolischen Berechnungsverfahren, die die gesamte mathematische Komplexität bei der Entwicklung technischer Systemmodelle, einschließlich Multidomänensysteme und regelungstechnischer Anlagenmodelle, effizient handhaben.

Um eine Testversion von MapleSim 5 anzufordern, besuchen Sie bitte: [www.maplesoft.com/GAMM\\_MapleSim](http://www.maplesoft.com/GAMM_MapleSim)