

AUS DEM INHALT:

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

SVEN KLINKEL UND WERNER WAGNER:
NUMERISCHE MODELLIERUNG
ELEKTROMECHANISCH GEKOPPELTER
PROBLEME IN DER STRUKTURMECHANIK

VINCENT HEUVELINE UND MICHAEL SCHICK
WIE SICHER ODER UNSICHER IST IHRE
NUMERISCHE SIMULATION?

2/2013

JUNGE WISSENSCHAFTLER:
GREGOR GASSNER
INGO MÜNCH

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

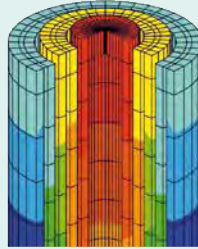
Schriftleitung:
 Prof. Dr.-Ing. Jörg Schröder
 Universität Duisburg-Essen
 Institut für Mechanik
 Universitätsstraße 15
 45117 Essen
 Tel.: ++49 (0)201 / 183-2708
 Fax: ++49 (0)201 / 183-2708
 E-Mail: j.schroeder@uni-due.de

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
 Peter Liffers, Dortmund
 www.liffers.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

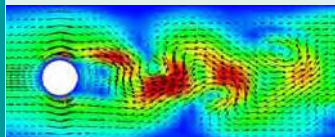
4 Vorstand der GAMM



6 Numerische Modellierung elektromechanisch gekoppelter Probleme in der Strukturmechanik

Sven Klinkel und
 Werner Wagner

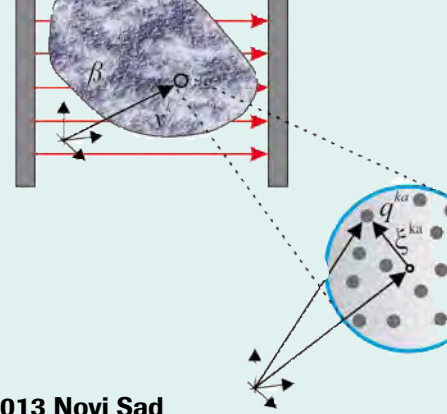
13 Steckbrief Gregor Gassner



16 Wie sicher oder unsicher ist Ihre numerische Simulation? Neue Ansätze zur Quantifizierung von Unsicherheiten.

Vincent Heuveline und
 Michael Schick

21 Steckbrief Ingo Münch



24 GAMM 2013 Novi Sad

26 Richard-von-Mises-Preis der GAMM 2013

30 Opening address at GAMM 2013

Volker Mehrmann

31 84. GAMM-Jahrestagung
 Ljiljana Cvetković and Teodor Atanacković

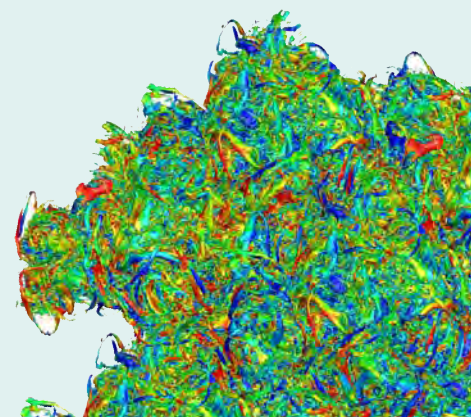
32 Beschlussprotokoll zur Hauptversammlung 2013

33 Bericht des Präsidenten Hauptversammlung GAMM 2013

34 Aufruf Nachwuchs-Minisymposien

35 Wissenschaftliche Veranstaltungen

35 Neue Homepage für GAMM-Jahrestagungen





LIEBE LESERIN, LIEBER LESER, LIEBE GAMM-MITGLIEDER,

der erste Beitrag dieses Rundbriefs beschäftigt sich mit elektromechanisch gekoppelten Problemen in der Strukturmechanik. Dieses Verhalten von speziellen Funktionsmaterialien ermöglicht vielfältige Anwendungen im Bereich der Sensor- und Aktuatortechnik oder in Form von künstlichen Muskeln in der Robotik, wobei dielektrische Elastomere durch das Anlegen einer elektrischen Spannung eine Verformung erfahren. Im vorliegenden Artikel beschreiben Sven Klinkel und Werner Wagner dieses piezoelektrische Materialverhalten und präsentieren Strukturformulierungen zur Simulation von Aktuatoren im Bereich kleiner und großer Verformungen.

In unserem zweiten Artikel wird das Forschungsgebiet „Uncertainty Quantification“ von Vincent Heuveline und Michael Schick vorgestellt. Das Ziel der Kollegen aus den Natur- und Ingenieurwissenschaften ist die Entwicklung theoretischer Ansätze und numerischer Verfahren zur Quantifizierung und Minimierung von Unsicherheiten in mathematischen Modellen. Besonders hervorzuheben ist die Interdisziplinarität dieses Forschungsgebiets, hier möchte der GAMM-Fachausschuss Kommunikator zwischen Mathematikern, Ingenieuren und Naturwissenschaftlern sein und den Austausch von Ideen und Methoden fördern. Bereits Descartes erklärte die Minimierung der Unsicherheit als Aufgabe des aufgeklärten Menschen.

Die 84. GAMM Jahrestagung fand in diesem Jahr in Novi Sad statt und war damit zum ersten Mal in Serbien zu Gast. 681 Gäste aus 35 Ländern präsentierten ihre aktuellen Forschungsergebnisse in 23 parallelen Vortragssektionen und sechs Minisymposia, sowie in sechs Minisymposia junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Dies ist ein Beleg für den Erfolg der diesjährigen GAMM-Jahrestagung, der nicht zuletzt durch die hervorragende Organisation der Konferenz ermöglicht wurde. Die Eröffnungsrede von Volker Mehrmann sowie ein zusammenfassender Bericht von Ljiljana Cvetković und Teodor Atanacković sind in dieser Ausgabe zu lesen. Desweiteren wurde der Richard-von-Mises-Preis an Christian Linder und Dennis Kochmann verliehen. Die Laudationen hielten Bob Svendsen und Christian Miehe.

Hinweisen möchten wir auf den Aufruf zu den Nachwuchsminisymposia für die GAMM Jahrestagung 2015 in Lecce, Italien, vgl. Seite 34.

In dieser Ausgabe stellen sich die Nachwuchswissenschaftler Dr.-Ing. Gregor Gassner, Universität Stuttgart und Dr.-Ing Ingo Münch, Karlsruher Institut für Technologie vor.

Für weitere Anregungen zur Gestaltung des GAMM-Rundbriefs und die Einsendung von Beiträgen schicken Sie bitte eine Email an klawonn@math-uni-koeln.de (Mathematik) oder an j.schroeder@uni-due.de (Mechanik).

Als Herausgeber des Rundbriefs bedanken wir uns herzlich bei den Kollegen Sven Klinkel, Werner Wagner, Vincent Heuveline und Michael Schick für ihre ansprechenden Artikel, bei Gregor Gassner und Ingo Münch für die Nachwuchswissenschaftlerportraits und bei Ljiljana Cvetković und Teodor Atanacković für das Verfassen des Berichts zur 84. GAMM-Jahrestagung. Ferner bedanken wir uns bei den Organisatoren der 84. Jahrestagung für die Ausrichtung der Konferenz.

Wir wünschen Ihnen viel Freude beim Lesen der aktuellen Ausgabe des GAMM-Rundbriefs.

Essen und Köln im Juli 2013

Jörg Schröder und Axel Klawonn



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
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. Rolf Lammering
Helmut-Schmidt-Universität der Bundeswehr Hamburg
Fachbereich Maschinenbau, Institut für Mechanik,
22039 Hamburg

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

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 Numerische Mechanik
Pfaffenwaldring 95, 70569 Stuttgart

Prof. Christian Wieners
Universität Karlsruhe
Institut für Praktische Mathematik
Englerstr. 2, 76128 Karlsruhe

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:

A Primer on Mathematical Models in Biology

Lee A. Segel and Leah Edelstein-Keshet

This textbook grew out of a course that the popular and highly respected applied mathematician Lee Segel taught at the Weizmann Institute and it represents his unique perspective. It introduces differential equations, biological applications, and simulations and emphasizes molecular events (biochemistry and enzyme kinetics), excitable systems (neural signals), and small protein and genetic circuits. It is intended for upper-level undergraduates in mathematics, graduate students in biology, and lower-level graduate students in mathematics who would like exposure to biological applications.

2013 • xxvi + 424 pages • Softcover • 978-1-611972-49-8 • List \$69.00 • Rundbrief Reader Price \$48.30 • OT129

Recipes for Continuation

Harry Dankowicz and Frank Schilder

Computational Science and Engineering 11

This book provides a comprehensive introduction to the mathematical methodology of parameter continuation, the computational analysis of families of solutions to nonlinear mathematical equations. It develops a systematic formalism for constructing abstract representations of continuation problems and for implementing these in an existing computational platform. It is intended for students and teachers of nonlinear dynamics and engineering, as well as engineers and scientists engaged in modeling and simulation, and is valuable to potential developers of computational tools for analysis of nonlinear dynamical systems.

2013 • xvi + 584 pages • Softcover • 978-1-611972-56-6 • List \$99.00 • Rundbrief Reader Price \$69.30 • CS11

Matrix Computations, Fourth Edition

Gene H. Golub and Charles F. Van Loan

Johns Hopkins University Press 1

This cover-to-cover expansion and renovation of the third edition of this classic book is an essential reference for computational scientists and engineers in addition to researchers in the numerical linear algebra community. Anyone whose work requires the solution to a matrix problem and an appreciation of its mathematical properties will find this text useful and engaging.

2013 • 784 pages • Hardcover • 978-1-4214-0794-4 • List \$70.00 • Rundbrief Reader Price \$49.00 • JH01

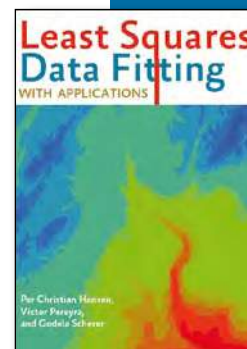
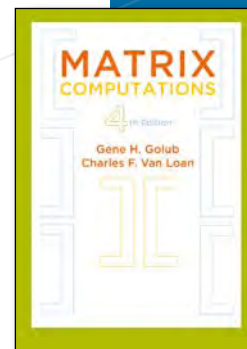
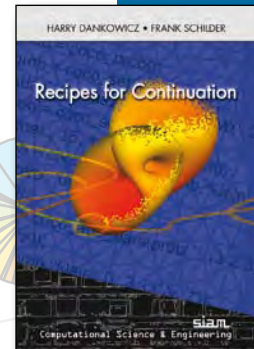
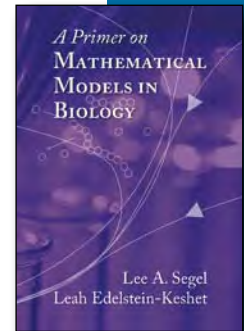
Least Squares Data Fitting with Applications

Per Christian Hansen, Víctor Pereyra, and Godola Scherer

Johns Hopkins University Press 2

Anyone working with problems of linear and nonlinear least squares fitting will find this book invaluable as a hands-on guide, with accessible text and carefully explained problems. Included is an overview of computational methods together with their properties and advantages, topics from statistical regression analysis that help readers to understand and value the computed solutions, and many examples that illustrate the techniques and algorithms.

2012 • 328 pages • Hardcover • 978-1-4214-0786-9 • List \$85.00 • Rundbrief Reader Price \$59.50 • JH02



SIAM SOCIETY FOR INDUSTRIAL AND APPLIED MATHEMATICS

TO ORDER, SHOP ONLINE AT www.siam.org/catalog.

Use your credit card (AMEX, MasterCard, and VISA) by phone: +1-215-382-9800 (worldwide) or fax: +1-215-386-7999.

Or send check or money order in US dollars to: SIAM, Dept. BKGMI3, 3600 Market Street, 6th Floor, Philadelphia, PA 19104-2688 USA.

Members and customers outside North America can order SIAM books through Cambridge University Press at www.cambridge.org/siam.

Be sure to enter code "BKGMI3" to get special discount price.

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

Art is adapted from a paper by A. L. Traud, E. D. Kelsic, P. J. Mucha, M. A. Porter, "Comparing Community Structure to Characteristics in Online Collegiate Social Networks," SIREY Vol. 53, pp. 526-543.

6/13_1

NUMERISCHE MODELLIERUNG ELEKTROMECHANISCH GEKOPPELTER PROBLEME IN DER STRUKTURMECHANIK

VON SVEN KLINKEL UND WERNER WAGNER

Eine elektromechanische Kopplung tritt bei einigen Funktionsmaterialien, wie z.B. bei piezoelektrischen Keramiken oder bei dielektrischen Elastomeren auf. Diese Funktionsmaterialien werden für Sensor- und Aktuatorbauteile eingesetzt. Hierfür gibt es eine Vielzahl von Anwendungen in der Mechatronik einschließlich Mikroelektromechanischer Systeme, siehe z.B. [1]. Diese Systeme sind in der Lage Kräfte im Bereich von Milli-Newton bis hin zu Kilo-Newton zu detektieren. Auch können damit Stellwege mit einer Genauigkeit von wenigen Mikrometern erzeugt werden. Aufgrund dieser hohen Präzisionserfordernisse müssen die mechanischen Modelle und die zugehörigen numerischen Formulierungen die Probleme so exakt wie möglich beschreiben.

Die hohen Anforderungen an eine realistische Modellierung betreffen zum einen das i. Allg. nichtlineare Materialverhalten und zum anderen die Beschreibung des oft nichtlinearen Strukturverhaltens. Die meisten Sensor- bzw. Aktuatorbauteile sind flächenhafte Strukturen, welche aus dünnen Schichten bestehen, siehe Abbildung 1. Bei der Modellbildung dieser Schalenstrukturen sind die elektromechanischen Feldgleichungen und die zugehörigen Randbedingungen zu beachten.

Zur Lösung des elektromechanischen Feldproblems werden in der Regel numerische Verfahren herangezogen, wobei viele dieser Strukturen mit Hilfe der Finite-Element-Methode analysiert werden. In [2], [3] wird ein Überblick über die derzeitigen verwendeten Strukturelemente zur Modellierung piezoelektrischer Bauteile gegeben.

Nichtlineare Effekte können das Verhalten von Sensor- und Aktuatorbauteilen maßgeblich beeinflussen. Dabei ist die Erfassung von geometrischen Nichtlinearitäten notwendig, um z.B. Stabilitätseffekte wie Verzweigungs- und Durchschlagsprobleme zu erfassen. Im Folgenden werden zunächst die materiellen Nichtlinearitäten, welche bei ferroelektrischen Keramiken und dielektrischen Elastomeren auftreten können, erläutert. Erstere sind von besonderem Interesse, da die meisten piezoelektrischen Bauteile aus diesen hergestellt werden. Danach werden einige spezifische Aspekte zur numerischen Modellbildung von räumlichen Strukturen aus Funktionsmaterial diskutiert. Die Präsentation von numerischen Beispielen und Simulationen bildet den Abschluss dieses Beitrages.

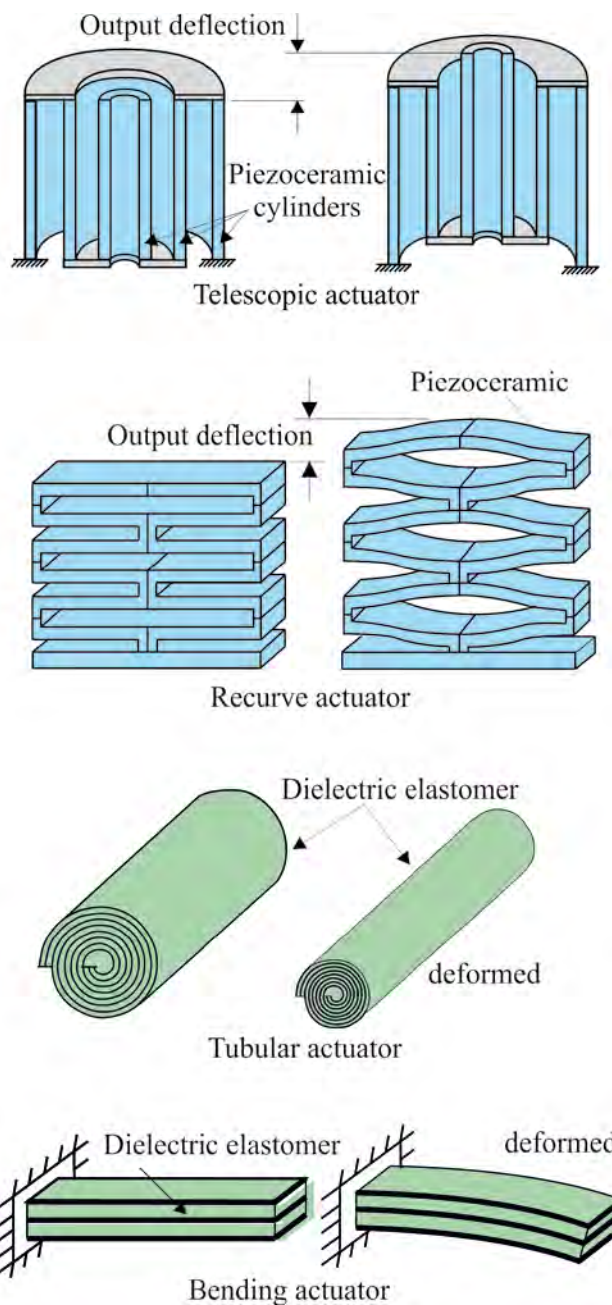


Abbildung 1: Mögliche Formen von Aktuatoren aus piezoelektrischen Keramiken und dielektrischen Elastomeren

Nichtlineares Materialverhalten von Funktionsmaterialien

Dielektrische Elastomere

Materialien dieser Klasse zeichnen sich dadurch aus, dass sie sich beim Anlegen einer elektrischen Spannung verformen. Die Verformungen und entsprechende Dehnungen können sehr groß werden. Daher werden diese Materialien z.B. für künstliche Muskeln, wie man sie in der Robotik verwendet, eingesetzt, siehe [4].

Die elektromechanische Kopplung wird durch die Bilanzgleichungen für Impuls und Drehimpuls beschrieben. Neben dem Cauchy-Spannungstensor geht dort der Maxwell-Spannungstensor ein. Die Divergenz des Letzteren liefert die elektrische Volumenkraftdichte, welche eine Funktion der Polarisation und des elektrischen Feldes ist. Die Polarisation \vec{P} ist materialabhängig und bezeichnet das elektrische Dipolmoment, siehe Abbildung 2a), welches aus der Punktladung q und dem Abstand ξ gebildet wird. Es wird vereinfachend ein quadratischer Zusammenhang zwischen Polarisation und elektrischem Feld \vec{E} angenommen. Basierend auf thermodynamischen Überlegungen wird in [5] ein Konzept zur Herleitung der konstitutiven Beziehung angegeben. Dies bildet die Basis für eine Invariantenformulierung mit 2 Materialkonstanten, die in [6] vorgeschlagen wird. Charakteristisch für dielektrische Elastomere ist ihr ratenabhängiges viskoses Materialverhalten. Konstitutive Modelle, welches dieses berücksichtigen finden sich z.B. in [7] und [8].

Ferroelektrische Keramiken

Auch bei dieser Materialklasse spielt die Polarisation eine entscheidende Rolle. Im Gegensatz zu dielektrischen Elastomeren kann hier durch das Anlegen eines elektrischen Feldes eine remanente Polarisation erzeugt werden. Diese kann durch eine mechanische Spannung \mathbf{S} oder durch das elektrische Feld in Größe und Richtung beeinflusst werden. Bei der Keramik handelt es sich um ein Polykristall, welches sich aus Körnern zusammensetzt. Die Substruktur innerhalb eines Kornes wird als Domäne bezeichnet, wobei jede Domäne eine bestimmte Polarisation besitzt. Diese stellt sich beim Abkühlen unterhalb der Curie-Temperatur so ein, dass die elektrostatische Energie minimiert wird. Das nichtlineare Materialverhalten wird durch Umklappprozesse des Polarisationsvektors entlang der Domänengrenzen hervorgerufen. Die dabei entstehenden ferroelektrischen Hysteresekurven sind in Abbildung 2b) dargestellt. Es existieren verschiedene Modelle zur Beschreibung dieses Materialverhaltens, siehe z.B. [9] und die darin aufgeführten Referenzen. In Butz et al. [10] wird das Preisachmodell benutzt um die ferroelektrische Hysterese und die Schmetterlingshysterese abzubilden. Weitere nichtlineare Effekte entstehen durch mechanische Belastung. Die zyklische Belastung mit einer mechanischen Spannung resultiert in einer ferroelastischen Hysterese oder führt zu einer Depolarisation der ursprünglich polarisierten Keramik, siehe hierzu Abbildung 2b). Ein mögliches Modell, welches diese Effekte abbildet, wird in [11] präsentiert.

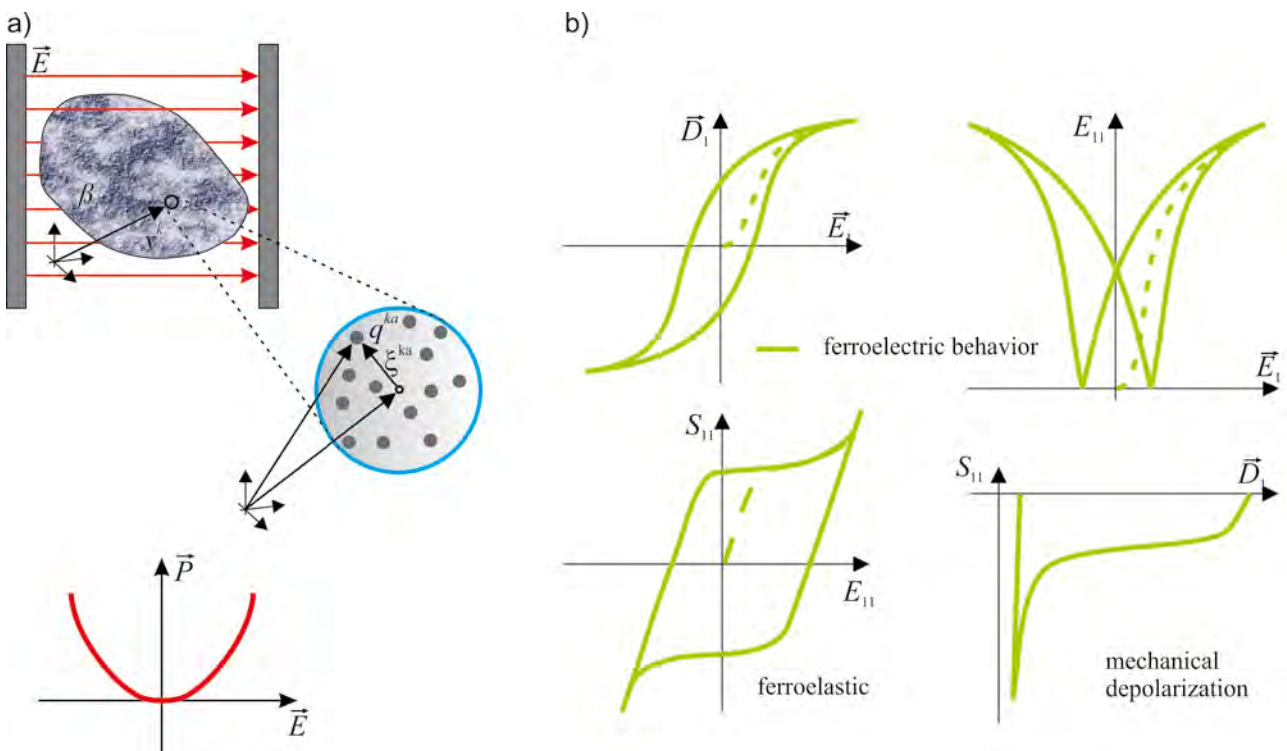


Abbildung 2: Nichtlineares Materialverhalten: a) Polarisation von dielektrischen Elastomeren, b) Hysterese Effekte bei ferroelektrischen Keramiken

Strukturmodelle für Aktuatoren und Sensoren

Im Rahmen der Strukturanalyse werden die elektromechanisch gekoppelten Feldgleichungen mit der Finite-Element-Methode gelöst. Hierbei werden Verschiebungen, Rotationen und das elektrische Potential als Kontinuumfreiheitsgrade benutzt. Mit Hilfe von Interpolationsfunktionen werden diese im Element interpoliert. Die Verzerrungskomponenten E_j und das elektrische Feld \vec{E}_j berechnen sich aus den Gradienten dieser Größen. Im Rahmen des elektromechanisch gekoppelten Problems werden beide Felder miteinander verknüpft. Gehören die Verzerrungskomponenten bzw. die Komponente des elektrischen Feldes zu unterschiedlichen Approximationsräumen, so ist ein parasitäres Elementverhalten zu beobachten.

Dieser Effekt soll am Beispiel einer piezoelektrischen Stabstruktur erläutert werden. Bei Strukturen die in Dickenrichtung gepolt sind ergibt sich die Normalspannung aus einer Linearkombination von E_{11} und \vec{E}_3 , während die Schubspannung aus einer Linearkombination von $2E_{13}$ und \vec{E}_1 bestimmt wird. Am Beispiel eines Balkens sind in Abbildung 3 typische Approximationen dieser Feldgrößen mit ihrem Funktionsverlauf über die Balkendicke dargestellt. Die korrekten Funktionsverläufe ergeben sich aus einer analytischen Lösung. Bei der numerischen Approximation ist es wichtig, die sich koppelnden Felder aus dem gleichen Funktionsraum zu wählen. Eine Nichtbeachtung führt zu falschen Ergebnissen. Konzepte zur Formulierung ausbalancierter Approximationsräume werden in [12] und [13] diskutiert.

Stabformulierung

In [10] wird eine dreidimensionale, exzentrische Stabformulierung für piezoelektrische Strukturen vorgestellt. Sie basiert auf einer Timoshenko-Kinematik, welche um Wölbfunktionen angereichert ist. Dies ist eine Möglichkeit, um die zuvor erläuterten ausgeglichenen Approximationsräume zu ermöglichen. Für die elektromechanischen Probleme wurde eine zusätzliche Querschnittsverwölbung infolge einer elektrischen Belastung der piezoelektrischen Schicht berücksichtigt. Der Einfluss dieser Verwölbung wird an einem Beispiel, welches in Abbildung 4 dargestellt ist, diskutiert. Hierbei handelt es sich um einen eingespannten Stab, welcher aus drei Schichten besteht und als Aktuator verwendet wird. Die äußeren beiden Schichten sind aus Aluminium und die mittlere Schicht besteht aus einer piezoelektrischen Keramik (PZT-5h). Diese ist in Achsrichtung polarisiert und wird in Dickenrichtung mit 20 V belastet. Das System wurde mit 20 Stabelementen diskretisiert, wobei alle Freiheitsgrade an der Einspannung gehalten werden. Die FE-Diskretisierung des Querschnittes sowie die verwendete piezoelektrische Verwölbung sind in Abbildung 4 dargestellt. Dort ist auch der verformte Stab mit einem Plot der Verschiebung illustriert. Weiterhin ist die Verschiebung entlang der Stabachse dargestellt, die typisch für solch einen Aktuator ist. Ein Vergleich zu einer analytischen Lösung von Zhang und Sun [14] zeigt gute Übereinstimmung. Wird die zusätzliche Wölbfunktion deaktiviert, werden die Verschiebungen deutlich unterschätzt.

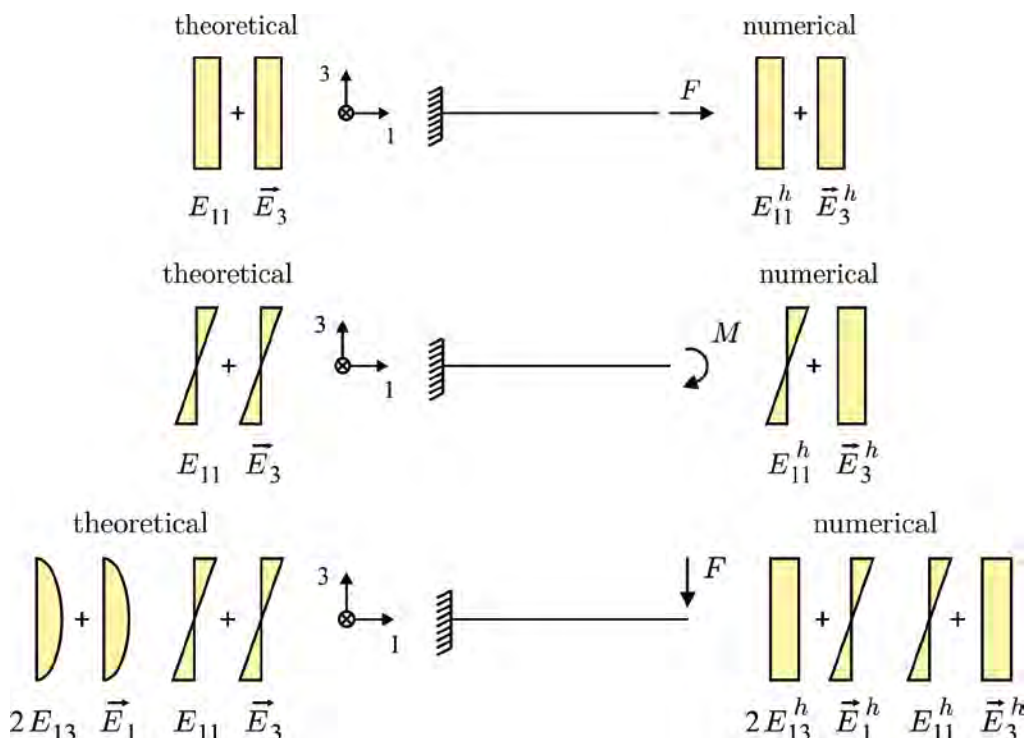


Abbildung 3: Funktionsverläufe des elektrischen Feldes bzw. der Verzerrungskomponenten über die Dicke eines in 3-Richtung gepolten piezoelektrischen Balkens. Links die theoretisch korrekten Verläufe und rechts typische numerische Approximationen.

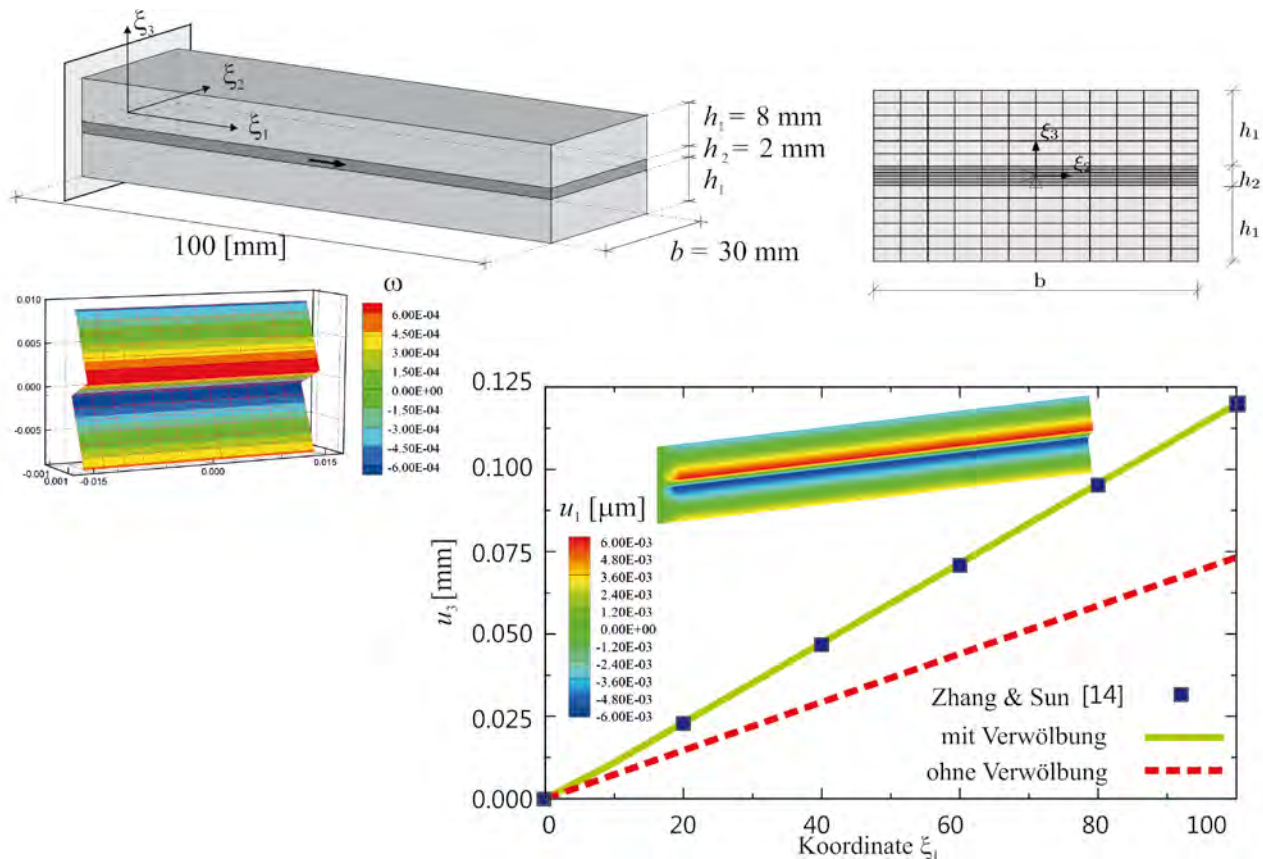


Abbildung 4: Piezoelektrischer Scher-Aktuator mit Geometriedaten, Finite-Element-Modell des Querschnittes sowie die piezoelektrisch induzierte Verwölbung w , verformtes System mit einem Skalierungsfaktor von 10^6

Schalenformulierung

Eine herkömmliche Annahme für piezoelektrische Schalenformulierungen ist, dass das elektrische Feld als konstant über die Dicke angenommen wird. Um die Bilanzgleichung für die Ladung exakt zu erfüllen ist aber mindestens ein quadratischer Ansatz für das elektrische Potential erforderlich. Dies führt jedoch zu zusätzlichen Freiheitsgraden. Daher wird in [15], [16] eine gemischte Finite-Elementformulierung vorgeschlagen. Sie basiert auf einem Hu-Washizu Variationsfunktional mit sechs unabhängigen Feldern: Verschiebungen, elektrisches Potential, Verzerrungen, elektrisches Feld, Spannungen und dielektrischen Verschiebungen. Für jedes dieser Felder wird eine geeignete Approximation auf Elementebene durchgeführt. Diese Vorgehensweise erlaubt für das elektromechanische Problem eine ausgewogene Approximation aller Größen.

teleskopartig nach außen geschoben. Das Design wurde von Alexander et al. [17] entworfen. Die Abmessungen sind in Abbildung 5 angegeben.

Unter Berücksichtigung der Symmetrie wird nur ein Viertel des Systems modelliert und mit den Volumenschalenelementen aus [15] diskretisiert. Das Finite-Element-Modell ist in Abbildung 5 dargestellt. Die verwendeten Materialparameter sind in [18] gegeben. Zunächst werden die Zylinder mit einem elektrischen Feld von $\vec{E}_r = 1200$ V/mm in radialer Richtung polarisiert. Danach wird ein Lastzyklus von $\vec{E}_r = 0, 300, 0, -300, 0$ V/mm aufgebracht. In Abbildung 6 ist die axiale Verschiebung w über der aufgebrauchte Volt-Zahl dargestellt. Aufgrund des materiell nichtlinearen Verhaltens stellt sich eine Hysterese ein. Die Ergebnisse der Simulation stimmen recht gut mit den experimentellen Daten aus [17] überein. Die nichtlinearen Effekte treten aufgrund von Depolarisierungen während des Belastungszyklusses auf. Die relative Polarisierung ist für gewählte Punkte in Abbildung 6 angegeben.

Piezoelektrische Teleskopaktuator

In Abbildung 5 ist ein Teleskopaktuator dargestellt. Er besteht aus konzentrisch angeordneten Zylindern, welche an ihren Enden wechselseitig verbunden sind. Durch eine alternierende Kontraktion bzw. Extension der Zylinder, verursacht durch das Anlegen eines elektrischen Feldes in radialer Richtung, wird der innerste Zylinder

Biegeaktuator aus dielektrischem Elastomer

Bei der Modellierung von Aktuatoren aus dielektrischem Elastomer ist es zur Berücksichtigung der Querdehnungseffekte wichtig das dreidimensionale Materialverhalten zu

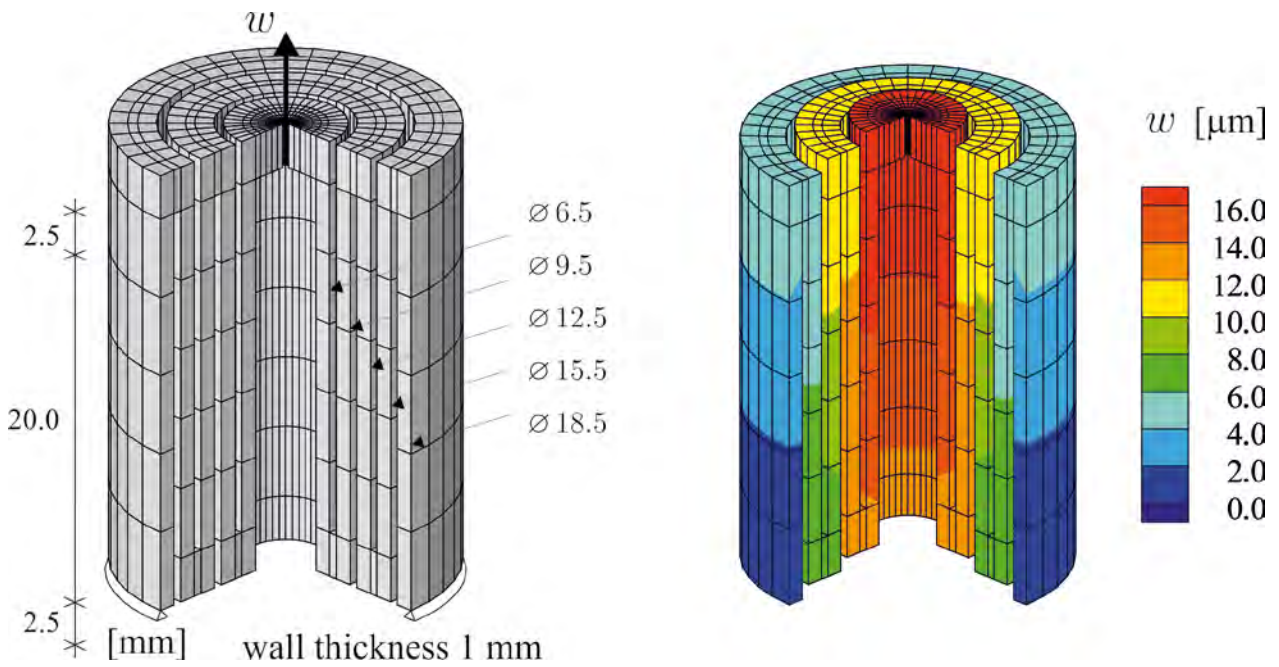


Abbildung 5: Teleskopaktuator, Finite-Element-Modell, deformierte Struktur skaliert mit Faktor 300 und ein Plot der axialen Verschiebung

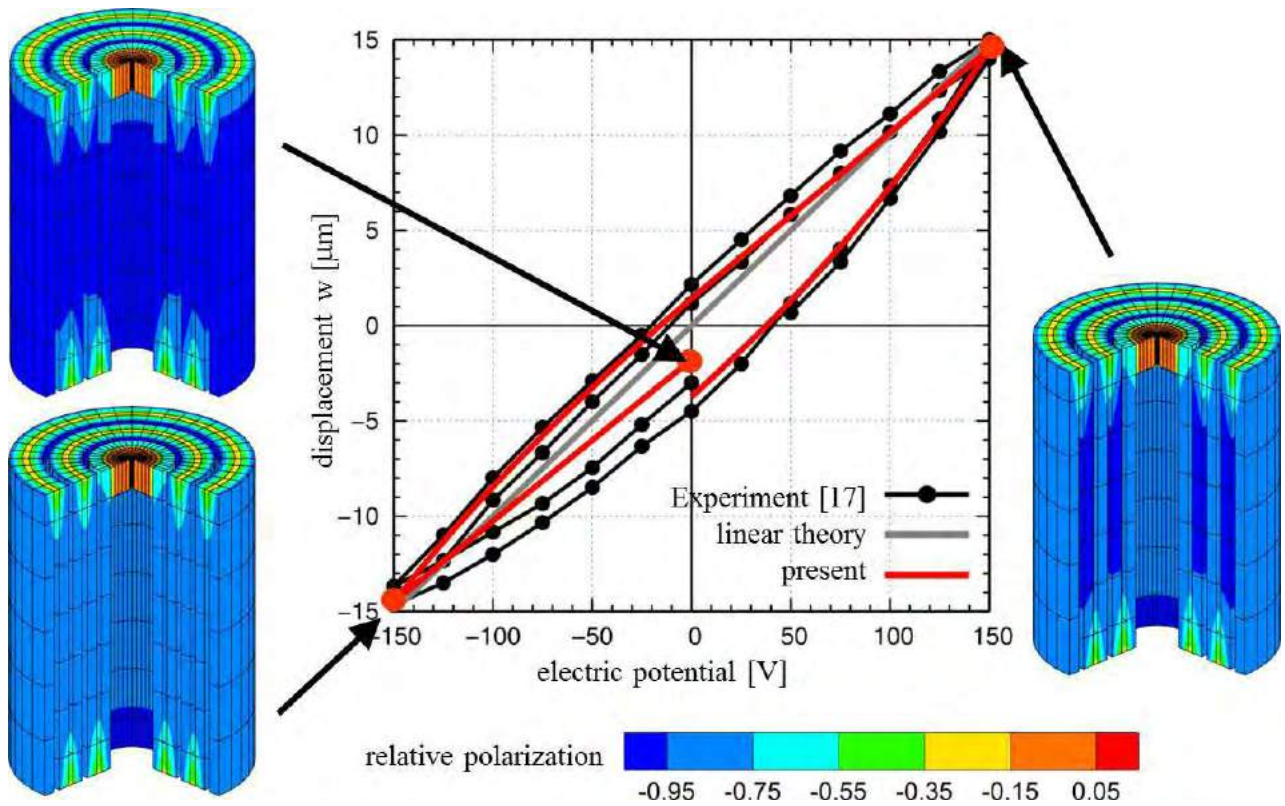


Abbildung 6: Teleskopaktuator, Last-Verschiebungskurve sowie Polarisationszustand für ausgewählte Lasten

erfassen. Hier wird die in [16] vorgestellte Volumen-Schalen-Formulierung verwendet. Der in Abbildung 7 dargestellte Aktuator besteht aus zwei fest miteinander verbundenen Schichten. Die Struktur wird mit 18×32 Elementen in der Ebene und 2 Elementen über die Dicke modelliert. Die Abmessungen können der Abbildung 7 und die Materialdaten der Veröffentlichung [16] entnommen werden. Ein elektrisches Potential φ wird jeweils auf eine der Schichten aufgebracht. Die Interfaceschicht ist geerdet. Die exzentrische Ausdehnung einer der Schichten führt dann zu einer Verkrümmung des Kragarms. Dieser Effekt ermöglicht ein Aufwickeln des Kragarms bzw. eine Rotation der Kragarmspitze um 360° . In Abbildung 7 sind einige verformte Strukturen für verschiedene Lastschritte dargestellt. Die Endlast von 4,2 kV wurde dazu in 100 Lastschritten aufgebracht, zunächst für den oberen dann für den unteren Layer. Im Diagramm in Abbildung 7 ist die aufgebrachte Spannung über der vertikalen Verschiebung in der Mitte der Kragarmspitze dargestellt.

Literatur

- [1] R.C. Smith: *Smart material systems*. Society for Industrial and Applied Mathematics, 2005.
- [2] A. Benjeddou: Advances in piezoelectric finite element modeling of adaptive structural elements: a survey. *Computers & Structures* 76, 347–363, 2000
- [3] P. Vidal, M. d'Ottavio, M. Thaler, O. Polit, An efficient finite shell element for the static response of piezoelectric laminates. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures* 22, 671–690, 2011
- [4] Y. Bar-Cohen: *Electroactive Polymer (EAP) Actuators as Artificial Muscles: Reality, Potential and Challenges*, (2nd edn). SPIE Press Book: Bellingham, Washington, 2004
- [5] A. Dorfmann, R.W. Ogden. Nonlinear electroelasticity. *Acta Mechanica*, 174 167–183, 2005
- [6] D.K. Vu, P. Steinmann, G. Possart: Numerical modelling of non-linear electroelasticity. *International Journal for Numerical Methods in Engineering* 70, 685–704, 2007
- [7] A. Ask, A. Menzel, M. Ristinmaa: Electrostriction in electro-viscoelastic polymers. *Mechanics of Materials* 50, 9–21, 2012

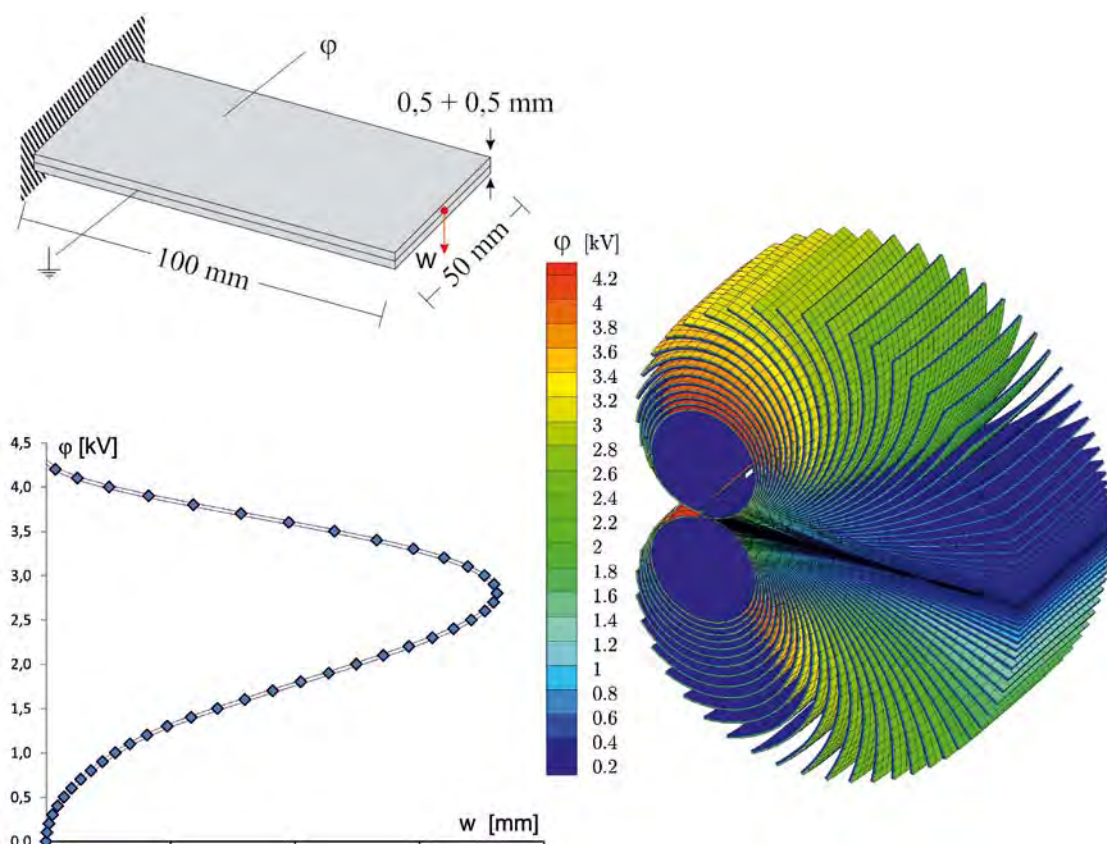


Abbildung 7: Biegeaktuator aus dielektrischem Elastomer, Last-Verformungsdiagramm und verformte Struktur für verschiedene Lastschritte mit einem Farbverlauf für das elektrische Potential.

- [8] A. Büschel, S. Klinkel, W. Wagner; Dielectric elastomers – numerical modeling of nonlinear visco-electroelasticity, *International Journal for Numerical Methods in Engineering* 93, 834–856, 2013
- [9] M. Kamlah: Ferroelectric and ferroelastic piezoceramics - modeling of electromechanical hysteresis phenomena. *Continuum Mechanics and Thermodynamics* 13, 219–268, 2001
- [10] A. Butz, S. Klinkel, W. Wagner: A geometrically and materially non-linear piezoelectric three-dimensional-beam finite element formulation including warping effects, *International Journal for Numerical Methods in Engineering* 76, 601–635, 2008
- [11] S. Klinkel: A phenomenological constitutive model for ferroelastic and ferroelectric hysteresis effects in ferroelectric ceramics, *International Journal of Solids and Structures* 43, 7197–7222, 2006
- [12] D. Legner, S. Klinkel, W. Wagner: An advanced finite element formulation for piezoelectric shell structures, *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, doi:10.1002/nme.4521, 2013
- [13] D. Legner, J. Wackerfuß, S. Klinkel, W. Wagner: An advanced finite element formulation for piezoelectric beam structures, *Computational Mechanics*, doi:10.1007/s00466-013-0879-y, 2013
- [14] X.D. Zhang, C.T. Sun: Formulation of an adaptive sandwich beam. *Smart Materials and Structures* 5(6): 814–823, 1996
- [15] S. Klinkel, W. Wagner: A piezoelectric solid shell element based on a mixed variational formulation for geometrically linear and nonlinear applications, *Computers & Structures* 86, 38–46, 2008
- [16] S. Klinkel, S. Zwecker, R. Müller; A solid shell finite element formulation for dielectric elastomers, *Journal of Applied Mechanics* 80 21026.1–11, 2013
- [17] P.W. Alexander, D. Brei, W. Miao, J.W. Halloran, R.L. Gentilman, G.E. Schmidt, P.T. McGuire, J.R. Hollenbeck: Fabrication and experimental characterization of d31 telescopic piezoelectric actuators. *Journal of Materials Science* 36(17), 4231–4237, 2001
- [18] K. Linnemann, S. Klinkel, W. Wagner: A constitutive model for magnetostrictive and piezoelectric materials, *International Journal of Solids and Structures* 46, 1149–1166, 2009



Sven Klinkel Prof. Dr.-Ing. habil., forscht auf dem Gebiet der Strukturmechanik und Numerischer Methoden. Schwerpunkte sind: die Modellierung von gekoppelten Problemen für dünne Strukturen, Materialmodelle für Funktionsmaterialien und nichtlinearer Strukturmodelle. Ziel ist die Entwicklung effizienter numerischer Berechnungsmethoden für die Simulation.

Nach dem Studium des Bauingenieurwesens an der Universität Hannover (1989–95), folgte die Tätigkeit als wissenschaftlicher Assistent am Institut für Baustatik der Universität Karlsruhe (TH) von 1995–2001. Er promovierte dort über das Thema Volumen-Schalen-Elemente bei endlichen elastischen und plastischen Verzerrungen im Jahr 2000. Von 2001–2002 folgte ein einjähriges Forschungsstipendium an der University of California Berkeley. Im Anschluss wurde er zum Akademischer Rat am Institut für Baustatik der Universität Karlsruhe (TH) ernannt. Im Jahr 2007 habilitierte er sich dort für das Fachgebiet Statik. 2008 folgte eine Gastprofessur an der ETH Zürich am Institut für Mechanische Systeme. Im Frühjahr 2009 wurde er zum Professor für Statik und Dynamik der Tragwerke an der Technischen Universität Kaiserslautern ernannt. Im Herbst 2012 wechselte er an die RWTH Aachen und ist dort Leiter des Lehrstuhls für Baustatik und Baudynamik.



Werner Wagner, Prof. Dr.-Ing. habil., studierte von 1973–1980 an der Universität Hannover Bauingenieurwesen. In seiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Assistent am dortigen Institut für Baumechanik und Numerische Mechanik, promovierte er 1985 über geometrisch nichtlineare schub-elastische Schalen und deren FE-Behandlung. Es folgte eine Tätigkeit als Oberingenieur am selben Institut verbunden mit der Habilitation über die Behandlung von Stabilitätsproblemen der Elastostatik mit der Methode der Finiten Elemente im Jahr 1990. Nach einer Vertretungsprofessur im Fachbereich Bauingenieurwesen der Universität Hannover ist er seit 1994 Professor für Baustatik und Leiter des Instituts für Baustatik am Karlsruher Institut für Technologie (KIT), ehemals Universität Karlsruhe (TH). Von 1990 bis 2012 war er Vorstandsmitglied der GACM (German Association for Computational Mechanics). Gegenstand seiner aktuellen Forschung sind nichtlineare Flächentragwerke, Modellierung von Faserverbundmaterialien, Multiskalenprobleme und gekoppelte Mehrfeldprobleme der Strukturmechanik.

PERSONALIA

Todesfälle, wir gedenken:

Prof. Günther Nürnberger, Mannheim

Prof. Bernd Fischer, Lübeck

Dr. Gregor Gassner studierte Luft- und Raumfahrttechnik an der Universität Stuttgart und schloss im Dezember 2004 mit sehr guter Gesamtnote ab. Schon während des ersten Studienabschnittes begann er ebenfalls an der Universität Stuttgart ein Parallelstudium der Mathematik, welches er im Februar 2005 auch mit sehr gutem Erfolg abschloss. Im Anschluss daran begann er seine Promotion über die Konstruktion von Verfahren hoher Ordnung zur numerischen Simulation der kompressiblen Strömungsgleichungen am Institut für Aerodynamik und Gasdynamik der Universität Stuttgart, welche er mit Auszeichnung („summa cum laude“) im Januar 2009 abschloss. Seit 2009 ist Herr Gassner Akademischer Rat (auf Zeit) in der Arbeitsgruppe Numerische Methoden am Institut für Aerodynamik und Gasdynamik. Neben der Konstruktion und mathematischen Analyse von numerischen Verfahren gilt sein Interesse vor allem der numerischen Simulation von Multiskalenproblemen auf massiv parallelen Höchstleistungsrechnern.

Schon während des Grundstudiums der Luft- und Raumfahrttechnik an der Universität Stuttgart entdeckte Herr Gassner seine Begeisterung für die mathematischen Hintergründe der Ingenieurwissenschaften. Insbesondere

die Vorlesung „Höhere Mathematik“ von Herrn Prof. Dr. Wolfgang Wendland bestärkte Herrn Gassner in dem Wunsch, seine Ausbildung in den theoretischen Grundlagen zu erweitern. Er erhielt die Zulassung zum Parallelstudium der Mathematik und vertiefte sich hier insbesondere in die mathematischen Aspekte der numerischen Simulation. Dadurch erweiterte sich sein Interesse an der praktischen Umsetzung und Anwendung dieser theoretischen Methoden, so dass er beide Aspekte in einer Promotion zusammenführen und vertiefen wollte. Für dieses Vorhaben erwies sich Herr Prof. Dr. Claus-Dieter Munz als idealer Doktorvater, da er als Mathematiker an einem Ingenieurslehrstuhl forscht und somit multidisziplinär arbeitet. Herr Gassner beschäftigte sich im Rahmen seiner Promotion bei Professor Munz mit der Erweiterung und Konstruktion von Discontinuous

Galerkin Verfahren hoher Ordnung für die Anwendung auf die kompressiblen Strömungsgleichungen. Dabei gelang es ihm, Konzepte und Ideen zur Lösung von hyperbolischen Problemen auf parabolische Gleichungen zu übertragen, indem ein generalisiertes Riemannproblem für die Wärmeleitung analytisch gelöst wurde. Es konnte gezeigt werden, dass dieser Ansatz, der speziell für nichtlineare parabolische Probleme entwickelt wurde, für den Spezialfall der linearen elliptischen Probleme die bereits 1971 von Nitsche vorgeschlagene Symmetric Interior Penalty Methode beinhaltet [1]. Ein weiterer Schwerpunkt seiner Arbeit bestand darin, die Effizienz von Discontinuous Galerkin Verfahren für die Simulation dreidimensionaler Probleme zu erhöhen. Dazu entwickelte er zum einen neuartige nodale Elemente für beliebig geformte hybride Gitterzellen [2]. Diese Konstruktionsvorschrift erlaubt neben den Standard

Elementtypen auch die Generierung von nodalen Elementen hoher Ordnung für polygonale Gitterzellen. Des Weiteren beschäftigte sich Herr Gassner mit adaptiven Algorithmen. Dazu wurde ein neuartiges explizites Zeitintegrationsver-

fahren hoher Ordnung entwickelt, welches lokale Zeitschritte erlaubt, die sich automatisch der aktuellen räumlichen Auflösung anpassen. Kombiniert man dieses Verfahren mit räumlicher Adaptivität, ergibt sich dadurch automatisch ein raum- und zeitadaptiver Algorithmus, der sich insbesondere für instationäre Problemstellungen eignet [3].

Im Anschluss an die Promotion nahm Herr Gassner eine Anstellung als Akademischer Rat (auf Zeit) in der Arbeitsgruppe von Prof. Munz als Fortführung seiner bisherigen Forschungen an. Als Leiter der Codeentwicklung in der Arbeitsgruppe und basierend auf seinen Forschungsergebnissen aus der Promotionszeit, entwickelte Herr Gassner Simulationswerkzeuge zur Berechnung von komplexen Multiskalenproblemen auf massiv parallelen Höchstleistungsrechnern. Dazu wurde eine Paralleli-

sierungsstrategie entwickelt und implementiert, welche eine hervorragende Skalierung der Software auf über 100.000 Prozessoren ermöglicht, und somit die effiziente und zeitnahe Berechnung großer Probleme ermöglicht. Besonderes Merkmal dieser Methode ist die Fähigkeit zur starken Parallelisierung bis zum Limit der Gebietszerlegung mit nur noch einem Element pro Prozessor (Abb 1). Diese höchsteffiziente Software eignet sich insbesondere zur Simulation von Multiskalenproblemen (Abb. 2), wobei er sich hier besonders mit der Interaktion von Approximationsfehler und Modellierung des nicht auflösbaren Teils der Lösung beschäftigt. In seiner Arbeit konnte er zeigen, dass sich Verfahren hoher Ordnung aufgrund ihrer geringen Approximationsfehler auch in unteraufgelösten Situationen sehr gut zur Simulation von Multiskalenproblemen eignen [4].

STECKBRIEF



In Zusammenarbeit mit Prof. David Kopriva von der Florida State University beschäftigt sich er mit der Analyse des Discontinuous Galerkin Spectral Element Verfahrens und dabei insbesondere mit dem Einfluss der numerischen Integration auf die Dispersions- und Dissipationseigenschaften [5].

In seiner aktuellen Forschung konnte Herr Gassner zeigen, dass die Discontinuous Galerkin Spectral Element Methode als Finite Differenzen Verfahren mit sogenannter „Summation-by-Parts“-Eigenschaft klassifiziert werden kann [6]. Diese Erkenntnis ermöglicht die Konstruktion von

unstrukturierten Multidomain Ansätzen basierend auf Finite Element und Finite Differenzen Operatoren in einem gemeinsamen Framework, welches sich insbesondere für MPI-basiertes verteiltes Rechnen eignet. Aufbauend auf diesen Ergebnissen beschäftigt Herr Gassner sich aktuell mit der Konstruktion von nodalen Verfahren hoher Ordnung für hyperbolische Erhaltungsgleichungen, welche neben der Erhaltung von Masse, Impuls und Energie auch weitere Nebenbedingungen, wie etwa die Entropieerhaltung oder die Erhaltung der kinetischen Energie, erfüllen.

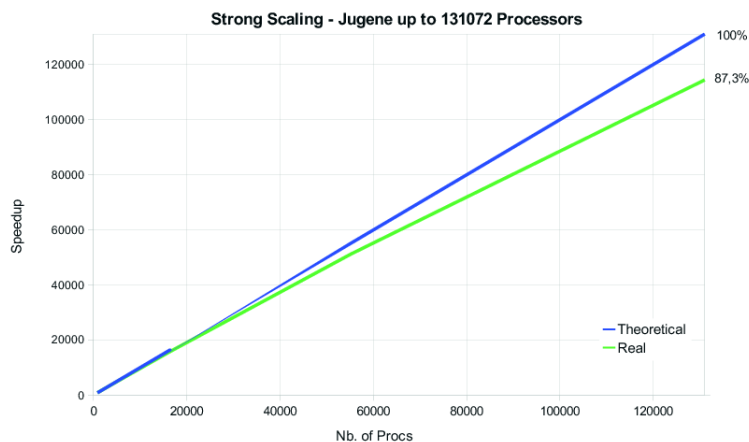


Abb 1: Starke Skalierung des Discontinuous Galerkin Codes auf dem Blue Gene System JUGENE in Jülich. Die Rechnung auf 130k Prozessoren stößt an die Grenzen der MPI Gebietszerlegung mit nur einer Gitterzelle pro Prozessor und erreicht trotzdem eine exzellente parallele Effizienz von 87%.

Taylor-Green Vortex, Vorticity Contours
Re=5000, t=9.00s

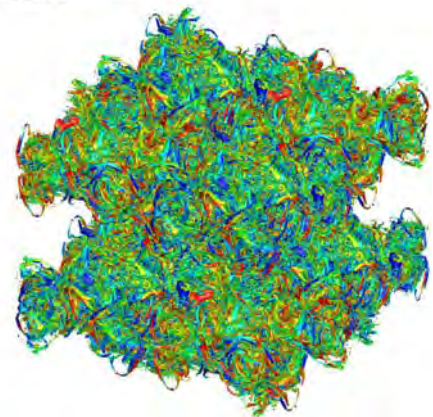


Abb 2: Simulation von homogener isotroper Turbulenz. Die Auflösung mit 600^3 Punkten pro Variable ergibt insgesamt $1.08E9$ Freiheitsgrade.

Literatur

- [1] G. Gassner, F. Lörcher, C.-D. Munz. A contribution to the construction of diffusion fluxes for finite volume and discontinuous Galerkin schemes. *J. Comput. Phys.*, 224(2):1049-1063, 2007.
- [2] G. Gassner, F. Lörcher, C.-D. Munz, J. S. Hesthaven. Polymorphic nodal elements and their application in discontinuous Galerkin methods. *J. Comput. Phys.*, (228):1573-1590, 2009.
- [3] G. Gassner, F. Lörcher, C.-D. Munz. A discontinuous Galerkin scheme based on a space-time expansion. II. Viscous flow equations in multi dimensions. *J. Sci. Comp.*, 34(3):260-286, 2008.
- [4] G. J. Gassner, A. D. Beck. On the Accuracy of High Order Discretizations for Underresolved Turbulence Simulations. *Theoretical and Computational Fluid Dynamics*, DOI: 10.1007/s00162-011-0253-7, 2012.
- [5] G. Gassner, D. A. Kopriva. A Comparison of the Gauss and Gauss-Lobatto Discontinuous Galerkin Spectral Element Method for Wave Propagation Problems. *SIAM J. Sci. Comp.*, 33(5):2560-2576, 2011.
- [6] G. Gassner. A skew-symmetric discontinuous Galerkin spectral element discretization and its relation to SBP-SAT finite difference methods. *SIAM J. Sci. Comp.*, 35:A1233-A1253, 2013.

Kontakt

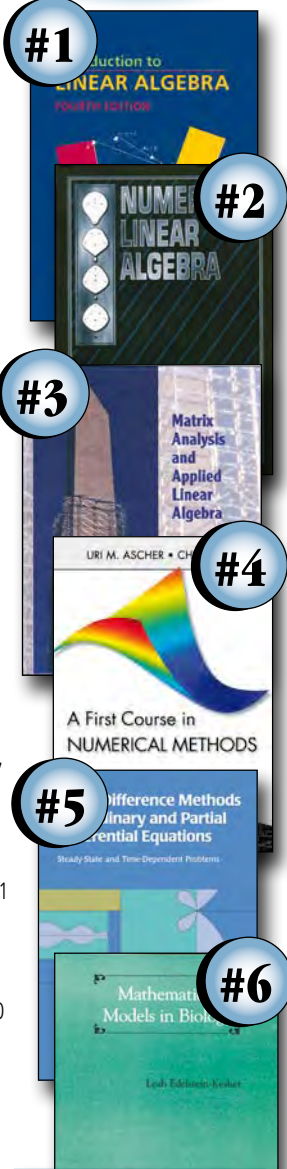
Dr. Gregor Gassner
 Institut für Aerodynamik und Gasdynamik
 Universität Stuttgart
 Pfaffenwaldring 21
 70569 Stuttgart
 gassner@iag.uni-stuttgart.de

siam Bestsellers

ORDER DIRECT at www.siam.org/catalog

**Rundbrief Readers
Get 30% Off List Price
Enter code BKGMI3**

1. **Introduction to Linear Algebra, Fourth Edition**
Gilbert Strang
2009 • x + 574 pages • Hardcover • 978-0-980232-71-4
List \$87.50 • Rundbrief Reader \$61.25 • WC09
2. **Numerical Linear Algebra**
Lloyd N. Trefethen and David Bau III
1997 • xii + 361 pages • Softcover • 978-0-898713-61-9
List \$65.00 • Rundbrief Reader \$45.50 • OT50
3. **Matrix Analysis and Applied Linear Algebra**
Carl D. Meyer
2000 • xii + 718 pages • Hardcover • 978-0-898714-54-8
List \$103.00 • Rundbrief Reader \$72.10 • OT71
4. **A First Course on Numerical Methods**
Uri Ascher and Chen Greif
2011 • xxii + 553 pages • Softcover • 978-0-89871-97-0
List \$95.00 • Rundbrief Reader \$66.50 • CS07
5. **Finite Difference Methods for Ordinary and Partial Differential Equations: Steady-State and Time-Dependent Problems**
Randall J. LeVeque
2007 • xvi + 341 pages • Softcover • 978-0-898716-29-0
List \$67.00 • Rundbrief Reader \$46.90 • OT98
6. **Mathematical Models in Biology**
Leah Edelstein-Keshet
2005 • xliii + 586 pages • Softcover • 978-0-898715-54-5
List Price \$62.50 • Rundbrief Reader Price \$43.75 • CL46
7. **Insight Through Computing: A MATLAB Introduction to Computational Science and Engineering**
Charles F. Van Loan and K.-Y. Daisy Fan
2009 • xviii + 434 pages • Softcover • 978-0-898716-91-7
List \$61.50 • Rundbrief Reader \$43.05 • OT117
8. **MATLAB Guide, Second Edition**
Desmond J. Higham and Nicholas J. Higham
2005 • xxiv + 382 pages • Hardcover • 978-0-898715-78-1
List \$54.50 • Rundbrief Reader \$38.15 • OT92
9. **Linear and Nonlinear Optimization, Second Edition**
Igor Griva, Stephen G. Nash, and Ariela Sofer
2008 • xxii + 742 pages • Hardcover • 978-0-898716-61-0
List \$101.00 • Rundbrief Reader \$70.70 • OT108
10. **Numerical Computing with MATLAB, Revised Reprint**
Cleve B. Moler
2004 • xii + 336 pages • Softcover • 978-0-898716-60-3
List \$54.00 • Rundbrief Reader \$37.80 • OT87
- T11. **Handbook of Writing for the Mathematical Sciences, Second Edition**
Nicholas J. Higham
1998 • xvi + 302 pages • Softcover • 978-0-898714-20-3
List \$60.50 • Rundbrief Reader \$42.35 • OT63
- T11. **Partial Differential Equations: Analytical and Numerical Methods, Second Edition**
Mark S. Gockenbach
2010 • xx + 654 pages • Hardcover • 978-0-898719-35-2
List \$88.00 • Rundbrief Reader \$61.60 • OT122
13. **Computational Science and Engineering**
Gilbert Strang
2007 • xii + 713 pages • Hardcover • 978-0-961408-81-7
List \$90.00 • Rundbrief Reader \$63.00 • WC07



14. **Applied Numerical Linear Algebra**
James W. Demmel
1997 • xii + 419 pages • Softcover • 978-0-898713-89-3
List \$80.00 • Rundbrief Reader \$56.00 • OT56
15. **From Vector Spaces to Function Spaces: Introduction to Functional Analysis with Applications**
Yutaka Yamamoto
2012 • xiv + 268 pages • Hardcover • 978-1-611972-30-6
List \$89.00 • Rundbrief Reader \$62.30 • OT127
16. **Iterative Methods for Sparse Linear Systems, Second Edition**
Yousef Saad
2003 • xviii + 528 pages • Softcover • 978-0-898715-34-7
List \$113.50 • Rundbrief Reader \$79.45 • OT82
17. **Learning MATLAB**
Tobin A. Driscoll
2009 • xiv + 97 pages • Softcover • 978-0-898716-83-2
List \$30.00 • Rundbrief Reader \$21.00 • OT115
18. **Graph Algorithms in the Language of Linear Algebra**
Edited by Jeremy Kepner and John Gilbert
2011 • xxviii + 357 pages • Hardcover • 978-0-898719-90-1
List \$110.00 • Rundbrief Reader \$77.00 • SE22
19. **Approximation Theory and Approximation Practice**
Lloyd N. Trefethen
2013 • viii + 305 pages • Softcover • 978-1-611972-39-9
List \$49.00 • Rundbrief Reader \$34.30 • OT128
20. **A Course in Mathematical Biology: Quantitative Modeling with Mathematical & Computational Methods**
Gerda de Vries, Thomas Hillen, Mark Lewis, Johannes Müller, and Birgitt Schönfisch
2006 • xii + 309 pages • Softcover • 978-0-898716-12-2
List \$77.00 • Rundbrief Reader \$53.90 • MM12
21. **Computational Matrix Analysis**
Alan J. Laub
2012 • xiv + 154 pages • Softcover • 978-1-611972-20-7
List \$47.00 • Rundbrief Reader \$32.90 • OT125
22. **Calculus, Second Edition**
Gilbert Strang
2010 • xv + 701 pages • Hardcover • 978-0-980232-74-5
List \$87.50 • Rundbrief Reader \$61.25 • WC10
23. **Spectral Methods in MATLAB**
Lloyd N. Trefethen
2000 • xviii + 165 pages • Softcover • 978-0-898714-65-4
List \$54.50 • Rundbrief Reader \$38.15 • SE10
24. **Computational Optimization of Systems Governed by Partial Differential Equations**
Alfio Borzi and Volker Schulz
2012 • xx + 286 pages • Softcover • 978-1-611972-04-7
List \$89.00 • Rundbrief Reader \$62.30 • CS08
25. **A Multigrid Tutorial, Second Edition**
William L. Briggs, Van Emde Henson, Steve F. McCormick
2000 • xii + 193 pages • Softcover • 978-0-898714-62-3
List \$59.00 • Rundbrief Reader \$41.30 • OT72

To purchase SIAM books, contact SIAM Customer Service at SIAM, 3600 Market Street, 6th Floor, Philadelphia, PA 19104-2688 phone +1-215-382-9800 fax +1-215-386-7999. Customers outside North America can order through Cambridge University Press at www.cambridge.org/siam. For general information, go to www.siam.org.

*SIAM's bestselling titles for the 12 months ended April 30, 2013. Sales are from all sources: online and direct sales from SIAM; sales by other online retailers; sales at conferences and meetings; and sales via SIAM's distribution partners.

WIE SICHER ODER UNSICHER IST IHRE NUMERISCHE SIMULATION?

NEUE ANSÄTZE ZUR QUANTIFIZIERUNG VON UNSICHERHEITEN.

VON VINCENT HEUVELINE UND MICHAEL SCHICK

Uncertainty Quantification (UQ)

„Miss alles, was sich messen lässt, und mach alles messbar, was sich nicht messen lässt.“ Bereits im 16. Jahrhundert erkannte Galileo Galilei, dass für ein umfassendes Verständnis der Natur und ihrer Prozesse die mathematische Modellierung von Unsicherheiten eine entscheidende Rolle spielt. In diesem Kontext entstand das noch relativ junge Forschungsgebiet *Uncertainty Quantification (UQ)* mit dem Ziel theoretische Ansätze und numerische Verfahren zur Quantifizierung bzw. Minimierung von Unsicherheiten in komplexen Systemen zu entwickeln. Insbesondere für die validierbare numerische Simulation vieler Problemstellungen aus den Natur- und Ingenieurwissenschaften ist *Uncertainty Quantification* zu einem essentiellen Baustein geworden.

Der deutsche Begriff *Unsicherheit* wird allgemein als subjektiver Ausdruck der Unwissenheit oder auch als individuelle Wahrnehmung, dass zukünftige Ergebnisse nicht festgelegt sind, verstanden. Die damit einhergehenden philosophischen Fragen sind vielfältig: sind Unsicherheiten Eigenschaften der realen Welt? Entstehen sie eher in der menschlichen Wahrnehmung als informativer Mangelzustand? „Unsicherheit ist ein Element in allen menschlichen Dingen. Wollte der Mensch sich von allen Unsicherheiten befreien, müsste er aufhören, ein denkendes Wesen zu sein“, argumentiert Benjamin Constant.

Insbesondere in den Ingenieurwissenschaften hat sich der Begriff der *Unsicherheit* als Synonym für Unwissenheit bzw. Stochastik etabliert. Typischerweise werden hierbei zwei Klassen unterschieden:

1. *Aleatorische* Unsicherheiten (auch *physikalische Variabilitäten* oder *stochastische Unsicherheiten* genannt) beschreiben naturbedingte Schwankungen, die als Folge des stochastischen Charakters von Einflussgrößen oder Systemparametern entstehen, welche nicht reduziert werden können. So führt die Bestimmung von Materialeigenschaften oder der Betriebsbedingungen physikalischer Systeme oft zu nicht reduzierbaren Unsicherheiten.
2. *Epistemische* Unsicherheiten spiegeln eine Unwissenheit über Parameter wider, welche zum Beispiel durch unvollständige Messungen, Modellannahmen

oder unvollständige Datensätze entstehen können. Solche Unsicherheiten können zum Beispiel bei der Turbulenzmodellierung von Strömungsvorgängen oder bei der Modellierung chemischer Prozesse entstehen. *Epistemische* Unsicherheiten können reduziert werden, zum Beispiel durch Kalibrierung, dem Einbezug von Expertenwissen bezüglich experimenteller Beobachtungen oder auch durch Verbesserung der physikalischen Modelle.

Es existieren viele unterschiedliche Ansätze zur mathematischen Modellierung von Unsicherheiten: konvexe Mengen, Fuzzy-Set Ansätze oder probabilistische und statistische Konzepte (u.a. Kolmogoroff, Koopmans, Bayes). Zu betonen ist hierbei, dass die Quantifizierung von Unsicherheiten im Vergleich zu deterministischen Problemstellungen meist zusätzliche Daten oder Annahmen erfordert und produziert. Die damit einhergehende Datenflut stellt eine große Herausforderung dar – nicht nur für die mathematische Modellierung sondern zum Beispiel auch für die Speicherung und dem effizienten Umgang mit Daten. Durch die Quantifizierung und Minimierung von Unsicherheiten mittels Stochastik, Statistik und Numerik können allgemein bessere Prognosen, zum Beispiel durch die Berechnung genauerer Konfidenzbereiche, abgeleitet werden, welche zur Robustheit der numerischen Simulation deutlich beitragen. So spielt *Uncertainty Quantification* eine zentrale Rolle zur Charakterisierung des Einflusses der Variabilität und der Unwissenheit auf modellrelevante Zielgrößen.

Modelle und Methoden

Uncertainty Quantification findet u.a. Anwendung in etlichen Forschungsgebieten der Ingenieurs- und Naturwissenschaften, zum Beispiel bei der Klima-Forschung, bei der Modellierung von biologischen Vorgängen, bei reaktiven Strömungen, bei der Berechnung und Optimierung von Stromnetzen und bei der numerischen Simulation medizinischer Problemstellungen. Eine der größten auftretenden Herausforderungen ist die Bewältigung des sogenannten *Fluch der Dimensionalität*: die Problemgröße, die mit *Uncertainty Quantification* einhergeht, wächst im Vergleich zu rein deterministischen Problemstellungen allgemein exponentiell. Dies führt zu

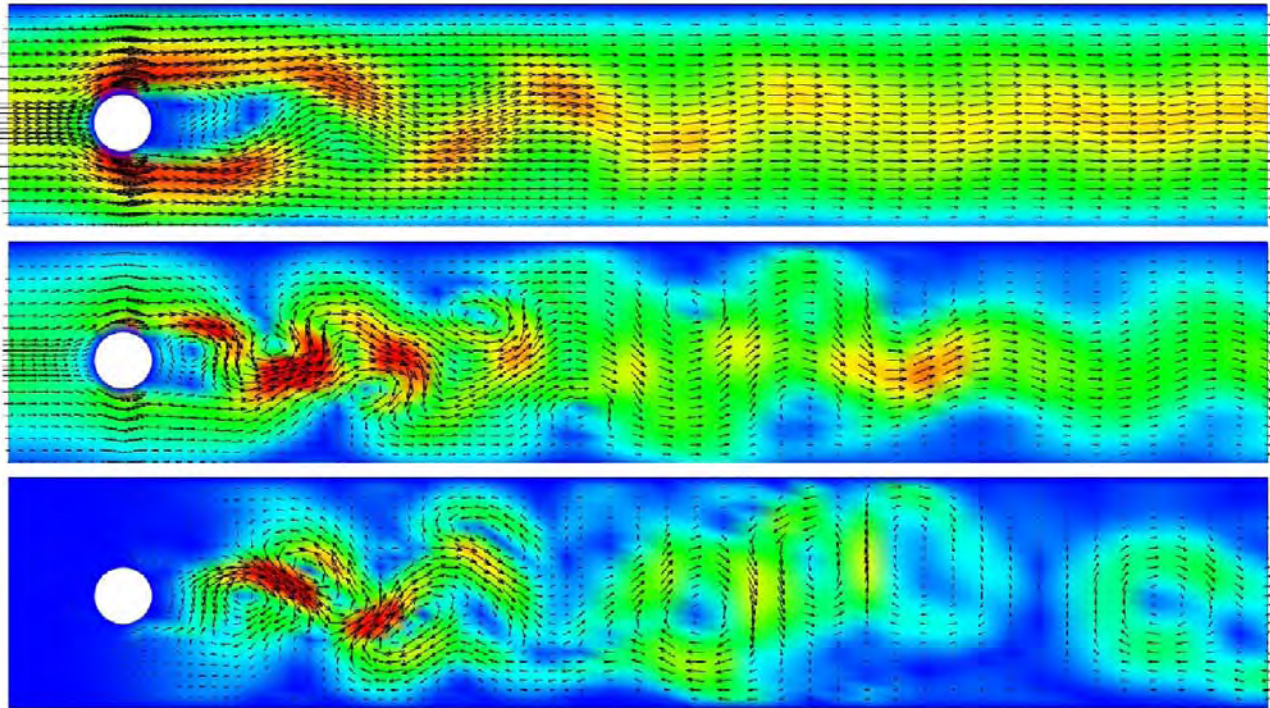


Abbildung 1: Zylinderumströmung in 2D von links nach rechts mit stochastischem Einströmprofil. Zu sehen ist der Betrag der Geschwindigkeit der Strömung, wobei die horizontale Geschwindigkeitskomponente des Einströmprofils am linken Rand um 10% schwankt und die Unsicherheit hervorruft. Oben: Erwartungswert des resultierenden Geschwindigkeitsprofils der Kanalströmung, Mitte: linearer stochastischer Einfluss der Unsicherheit, Unten: quadratischer stochastischer Einfluss der Unsicherheit. Der größte stochastische Einfluss ergibt sich direkt hinter dem Zylinder (rot eingefärbt im mittleren und unterem Bild).

starken Einschränkungen der für die Praxis verwendbaren numerischen Verfahren und stellt die Entwicklung effektiver numerischer Methoden zur Quantifizierung von Unsicherheiten in den Fokus der angewandten Mathematik, der Mechanik und der Industrie.

Die Repräsentation von Unsicherheiten erfolgt häufig unter Verwendung stochastischer Modelle, wobei oft eine funktionale Abhängigkeit der Modelllösung von den stochastischen Einflussgrößen angestrebt wird. Ein wesentlicher Trend in der Forschungslandschaft ist ein spektraler Ansatz (*Chaos Polynome*), welcher die Lösung, auch *Antwortfläche* oder *Surrogate-Model* genannt, durch eine Reihe orthogonaler Polynome approximiert. Hierbei wird der stochastische Einfluss durch eine unendliche Anzahl unabhängiger Zufallsvariablen parametrisiert bezüglich deren stochastischer Verteilungsfunktion die *Chaos Polynome* eine Orthogonalitätsbedingung erfüllen. So sind zum Beispiel Hermite-Polynome orthogonal bezüglich der Dichtefunktion der Gaussverteilung oder Legendre-Polynome orthogonal bezüglich der Gleichverteilung. Dieser Ansatz erfordert es jedoch, dass die betrachteten stochastisch modellierten Größen hinreichend mathematisch regulär sind um eine Konvergenz der entsprechenden Diskretisierung zu erreichen. Um ein für die numerische Berechnung geeignetes endlich-dimensionales System zu erhalten wird der maximale Polynomgrad vorgegeben und die Anzahl der verwendeten Zufallsvariablen für die Parametrisierung auf eine endliche Zahl eingeschränkt. Es ist zu betonen, dass zusätzlich eine geeignete Diskretisierung sämtlicher deterministischer Abhängigkeiten,

wie zum Beispiel Ort oder Zeit, erfolgen muss und somit das resultierende Gleichungssystem in seiner Größe die entsprechende rein deterministische Problemstellung signifikant überragt.

Zur Berechnung stochastischer Lösungen existieren viele unterschiedliche numerische Verfahren, die sich in zwei Klassen unterteilen lassen. Hierbei wird differenziert, ob der Anwender seine eventuell bereits existierende Software zur Anwendung auf stochastische Problemstellungen tief gehend umprogrammieren muss (*intrusive*), oder basierend auf unterschiedlichen Parameterdatensätzen lediglich eine äußere Schleife um den Programm-Code ausreicht (*non-intrusive*). Das Letztere ist natürlich von besonderer Attraktivität für den Anwender und fällt insbesondere bei sehr umfangreichen Softwareprojekten ins Gewicht, die bereits höchst effizient entsprechende komplexe deterministische Probleme lösen können.

Ein prominenter und, aufgrund seiner scheinbaren Einfachheit, weit verbreiteter Vertreter von *non-intrusive* Ansätzen ist die sogenannte Monte-Carlo Methode samt ihrer zahlreichen Varianten (u.a. Quasi-Monte-Carlo, Latin-Hypercube, Multilevel Monte-Carlo). Hierbei werden stochastische Momente, wie zum Beispiel Erwartungswerte oder Varianzen, durch eine Reihe zufällig und stochastisch unabhängig bestimmter deterministischer Lösungsschritte approximiert. Weitere *non-intrusive* Ansätze sind zum Beispiel Kollokationsverfahren basierend auf *dünnen Gittern* (vgl. Abbildung 2), welche auch auf rein deterministischen numerischen Quadraturregeln beruhen können. Sowohl die Monte-Carlo Methoden als

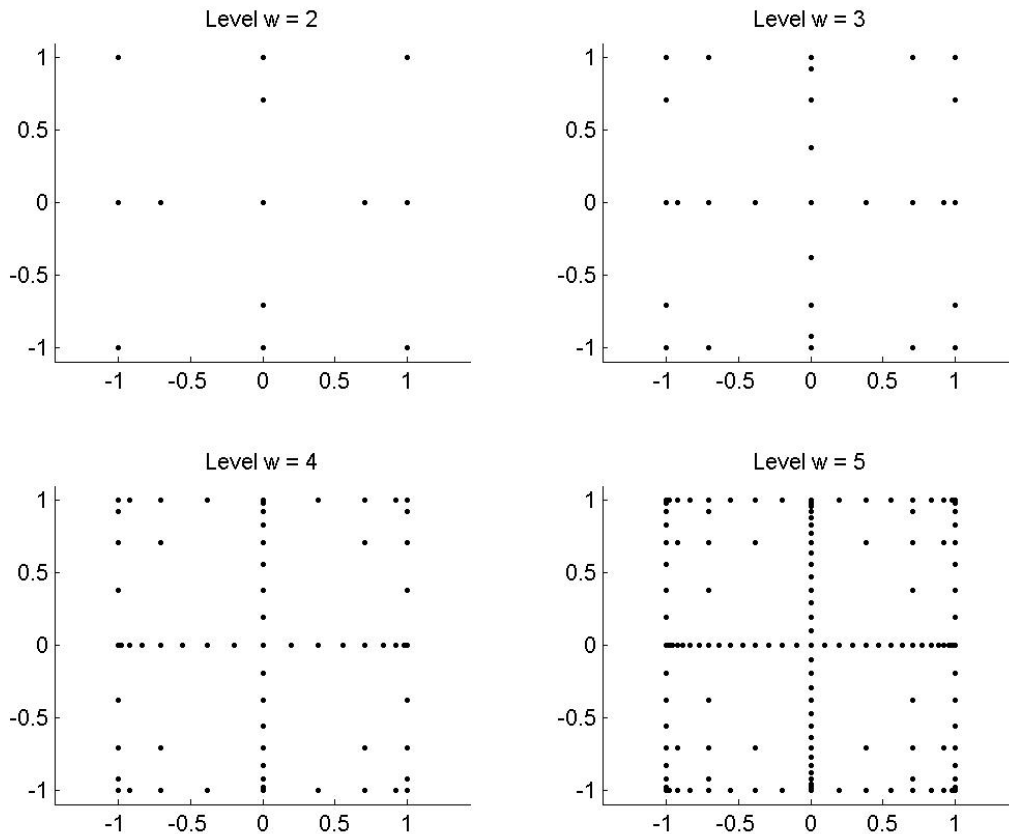


Abbildung 2: Beispiel für verschiedene zweidimensionale dünne Gitter (sparse grids) für Kollokationsverfahren. Jeder Punkt entspricht einer Parameterausprägung (hier exemplarisch zwei Parameter) und erfordert das Lösen eines entsprechenden deterministischen Problems. Für steigendes Level w erhöht sich die Genauigkeit des Verfahrens, jedoch konvergiert die Anzahl an Punkten gegen eine vollbesetzte Struktur.

auch die Kollokationsverfahren haben den Vorteil, dass aufgrund der stochastischen Unabhängigkeit sämtliche deterministische Probleme bzgl. der Stochastik trivial parallelisiert berechnet werden können, da die benötigten Datensätze *a priori* bestimmt sind. Problemabhängig, insbesondere bei dem Bedarf hoher Genauigkeiten, sind oft *Galerkin*-Projektionsansätze vorteilhaft. Diese werden häufig den *intrusive* Verfahren zugeordnet, da hierfür das deterministische Modell durch Projektion zu einem gekoppelten System mehrerer deterministischer Modelle „aufgebläht“ und somit eine geeignete Modifikation des Programm-Codes erforderlich wird. Es existieren jedoch Varianten, welche es ermöglichen auch die *Galerkin*-Projektion als *non-intrusive* Ansatz umzusetzen, wodurch sich klar der Trend erkennen lässt, dass ein für die Anwender akzeptables Lösungsverfahren in der Lage sein sollte bereits existierende Software direkt einzubinden und weiter zu verwenden.

Modellreduktion

Viele physikalische Prozesse lassen sich durch partielle Differentialgleichungen modellieren, welche durch die Integration stochastischer Einflussgrößen zu stochastischen partiellen Differentialgleichungen (SPDEs)

erweitert werden. Die hieraus resultierende Komplexitätssteigerung erfordert meist eine geeignete effiziente Modellreduktion. Sehr populär sind in diesem Zusammenhang sogenannte Niedrig-Rang Approximationen (*sparse/low-rank approximation*), die auf Tensorproduktarstellungen basieren. Dabei sind beispielsweise die auf einer *Singularwert-Zerlegung* beruhende *Karhunen-Loève Entwicklung* (KLE) (vgl. Abbildung 3) und die auf Norbert Wieners Idee des *polynomialen Chaos* (PCE) beruhende *White Noise Analysis* von Zufallsvariablen zu nennen. Die Darstellung der verwendeten Tensoren erfolgt hierbei in unterschiedlichen Tensorformaten, zum Beispiel dem *r-term*, dem *tensor-train* oder auch dem *hierarchischen* Format. Rechentechnisch betrachtet lässt sich durch eine Tensorproduktarstellung der Speicherbedarf erheblich reduzieren und macht diese zu einem Schlüsselwerkzeug zur Reduktion der Dimensionalität der stochastischen Problemstellung. Insbesondere bei industriellen Anwendungen ist es ausschlaggebend, den Speicheraufwand für stochastische Daten und den numerischen Aufwand stochastischer Algorithmen im Rahmen zu halten. Schon eine einzelne Simulation (z.B. ein instationärer Strömungsvorgang) erzeugt Daten von mehreren hundert Megabyte. Die Folge der Simulationsergebnisse entspricht einer gro-

ßen Datenmatrix, welche aber nie explizit aufgebaut werden sollte. Stattdessen wird mittels eines Niedrig-Rang Formats die Matrix dargestellt und während der Simulation und des *Postprocessing* in diesem Format beibehalten.

Neben der Modellreduktion durch Tensor Approximation, existieren zahlreiche adaptive Verfahren, welche eine stochastische Lösung durch lokale Verfeinerungen oder Vergrößerungen der Diskretisierung mit weniger Freiheitsgraden approximieren. Dies umfasst u.a. Gebietszerlegungsmethoden wie zum Beispiel *wavelet* oder *multi-element* Ansätze, *multigrid* und *multi-level* Verfahren sowie *adaptive sparse grids* um ein paar zu nennen. Die Verwendung und Entwicklung adaptiver Verfahren insbesondere für *Uncertainty Quantification* ist aufgrund des typischerweise hohen Bedarfs an Rechenleistung und Speicherplatz von großer Bedeutung, da selbst für kleinere Problemstellungen eine gleichmäßig verteilte Diskretisierung sehr schnell durch technische Restriktionen der vorhandenen Speicherkapazität und Rechenleistung unbrauchbar wird. Eine weitere Möglichkeit zur Modellreduktion ist eine Verringerung der Unsicherheiten in den stochastischen Einflussgrößen. Dies kann mit Hilfe der sogenannten *Bayes'schen Aktualisierung* erreicht werden. Ziel ist die Aktualisierung der stochastischen Dichtefunktion der Eingangsparameter mittels Expertenwissen, Maximum-Entropie-Methoden (MEM) und/oder Invarianzprinzipien. Das Fundament der *Bayes'schen Aktualisierung* ist auf dem Theorem von Bayes begründet. Es stellt einen Bezug zwischen der Wahrscheinlichkeit einer Hypothese unter beobachteten Daten (*posterior* Verteilung), der Wahrscheinlichkeit der beobachteten Daten unter Annahme der Gültigkeit der Hypothese (*likelihood* Funktion) und der Wahrscheinlichkeit der Hypothese (*prior* Verteilung) dar. Auf diese Weise lässt sich vorhandenes Wissen für die Endergebnisse, zum Beispiel durch experimentelle Beobachtungen, auf die Anpassung bzw. Aktualisierung der Eingangsgrößen mittels der *likelihood* Funktion anwenden. Ein sehr einfaches und illustratives Beispiel hierfür stellt die Bestimmung einer fairen Münze dar. „Fair“ bedeutet

hierbei eine Wahrscheinlichkeit von 50% jeweils für Kopf oder Zahl. Möchte man die *Fairness* bestimmen, so kann man zunächst unterschiedliche Hypothesen für die *prior* Verteilung der Münze annehmen: eine Gleichverteilung suggeriert eine Offenheit bezüglich unfair und fair, eine Gaussverteilung mit Maximum bei 50% repräsentiert hingegen eher eine vorgefertigte Meinung, dass eine faire Münze wahrscheinlicher ist. Führt man nun eine Reihe unabhängiger Münzwürfe durch erhält man beobachtete Daten, welche bezüglich der Binomialverteilung (*likelihood*) des Münzwurfs eine gewisse Wahrscheinlichkeit des Auftretens besitzen. Daraus schließt man mit Bayes' Theorem auf die *posterior* Verteilung und erhält mit steigender Anzahl an Münzwürfen eine Konvergenz zu der tatsächlichen *Fairness* der Münze. Es sei anzumerken, dass die Konvergenz unabhängig von der Wahl der *prior* Verteilung ist – nur die Geschwindigkeit der Konvergenz kann variieren. Der Bayes'sche Ansatz zählt allgemein zu den inversen Problemen (*backward propagation*) bei *Uncertainty Quantification*. Im Gegensatz zum Vorwärtsproblem (*forward propagation*) bei dem der Einfluss der Eingangsgrößen auf die Modelllösung quantifiziert wird (vgl. Abbildung 4).

Zukunft

Die Lösung praxisrelevanter Fragestellungen unter Einbezug von Unsicherheiten kann meist nur aufgrund der vorhandenen steigenden Rechenleistungen erzielt werden. Eine zentrale Rolle spielt hierbei der Bereich des Hochleistungsrechnens, auch bezüglich der Entwicklung effizient skalierbarer Algorithmen für *Uncertainty Quantification*. Die Thematik der neuen Rechnerarchitektur, zum Beispiel die gezielte Verwendung von Grafikkarten (GPUs) und/oder spezifischer Koprozessoren, kann eine *sine qua non* Bedingung für die effiziente Behandlung derartiger Problemstellungen sein. Somit eröffnen sich bis dato unerreichbare Wege, um dediziert stochastische Effekte in der numerischen Simulation zu quantifizieren.

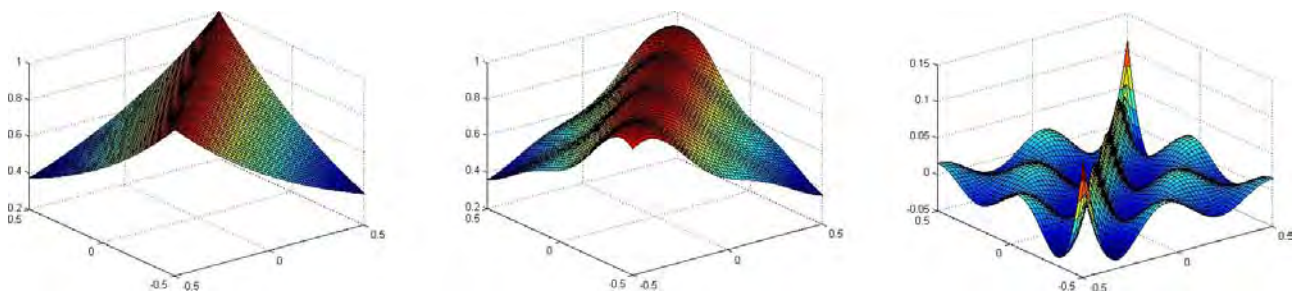


Abbildung 3: Karhunen-Loève Approximation vierter Ordnung einer exponentiellen Kovarianzfunktion. Links: exakte Kovarianzfunktion, Mitte: Approximation durch vier Terme, Rechts: Approximationsfehler.

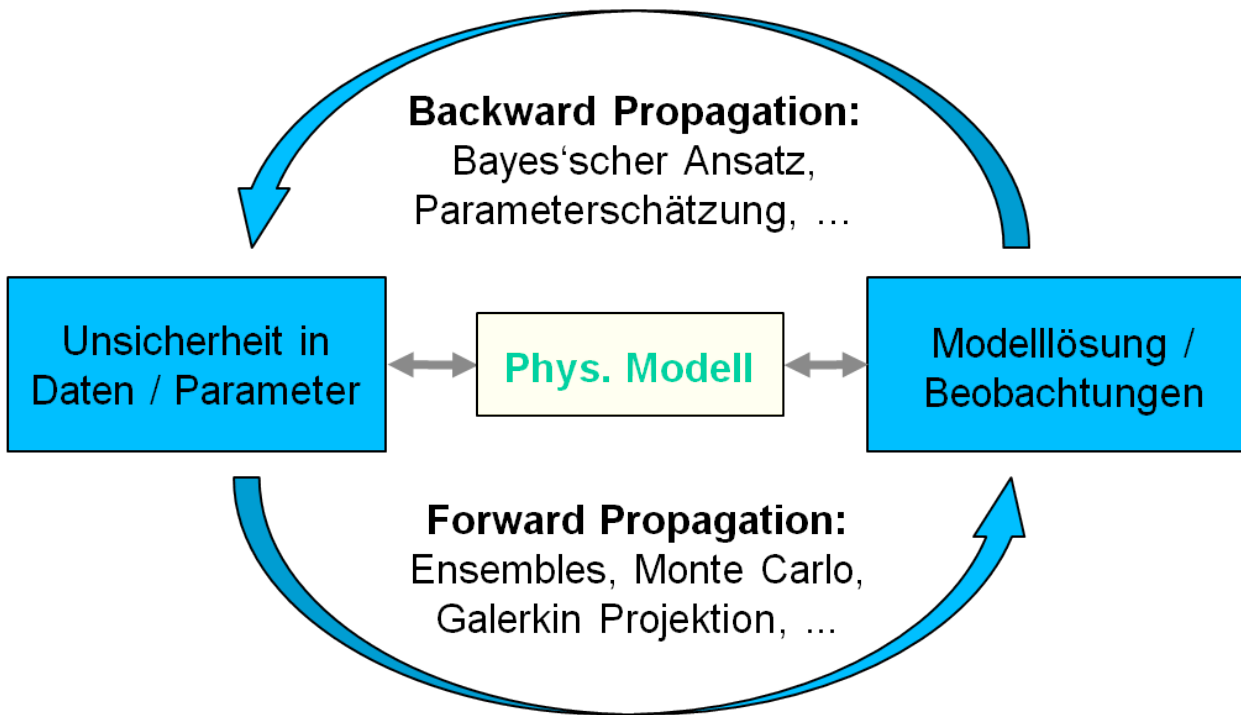


Abbildung 4: Uncertainty Quantification: Zyklus von Vorwärts- (forward) und Rückwärtsausbreitung (backward) von Unsicherheiten.

Zielsetzung GAMM Fachausschuss Uncertainty Quantification

Eine wichtige Aufgabe des *GAMM Fachausschusses Uncertainty Quantification* ist es, eine neue Kommunikationsbrücke zwischen Mathematikern, Naturwissenschaftlern und Ingenieuren zu bauen, um den interdisziplinären Austausch von Ideen und Methoden zu fördern. Hierbei entsteht eine enge Zusammenarbeit mit der *SIAM Activity Group on Uncertainty Quantification*

und der *United States Association for Computational Mechanics (USACM)*. In den „*Meditationes de Prima Philosophia*“ galt René Descartes die Unsicherheit als ärgster Feind. Aufgabe eines aufgeklärten Menschen ist es die Unsicherheit zu minimieren. Auch in diesem Sinne schlägt *Uncertainty Quantification* eine sicherlich sehr spannende Brücke im Dialog zwischen Mathematik und Philosophie!



Prof. Dr. Vincent Heuveline ist seit Mai 2013 Professor am Interdisziplinären Institut für Wirtschaftliches Rechnen (IWR) an der Universität Heidelberg, wo er die Leitung der Forschungsgruppe Engineering Mathematics and Computing Lab (EMCL) wahrnimmt. Am Heidelberger Institut für Theoretische Studien (HITS gGmbH) leitet er die Forschungsgruppe Data Mining and Uncertainty Quantification. Er ist weiterhin Direktor des Universitätsrechenzentrums der Universität Heidelberg.

Vincent Heuveline studierte vom 1986 bis 1993 Mathematik an der Universität Würzburg und an der Université de Caen (Frankreich). 1997 promovierte er am Institut National de Recherche en Informatique et Automatique (INRIA) und an der Université de Rennes. 2002 folgte die Habilitation und die Venia Legendi an der Universität Heidelberg. Im Jahr 2004 wurde Professor Heuveline auf die Professur „Numerische Verfahren auf Hochleistungsrechnern“ und zeitgleich als Ko-Leiter des Rechenzentrums an die Universität Karlsruhe (TH) berufen. Im Jahr 2009 gründete Professor Heuveline das Engineering Mathematics and Computing Lab (EMCL), eine Forschungseinrichtung für interdisziplinäre Fragestellungen in den Bereichen der numerischen Simulation, Optimierung, High-Performance Computing und Cloud Computing am Karlsruher Institut für Technologie (KIT).

Die Arbeitsschwerpunkte von Professor Vincent Heuveline liegen im Bereich der numerischen Simulation, Optimierung, High Performance Computing (HPC) und Hardware Aware Computing. Vincent Heuveline ist Mitglied zahlreicher Fachgremien. Er ist u.a. Sprecher des GAMM Fachausschusses Uncertainty Quantification, Mitglied der European Mathematical Society (EMS), sowie Mitglied des wissenschaftlichen Beirats der Deutsch-Französischen Hochschule (DFH).



Dr. Michael Schick, 2003-2008 Studium der Technomathematik an der Universität Karlsruhe (TH). 2011 Promotion mit Auszeichnung in Mathematik am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) im Bereich Uncertainty Quantification: Entwicklung numerischer Verfahren zur Lösung stochastischer dynamischer Systeme. 2012-04/2013 Postdoc am Engineering Mathematics and Computing Lab (EMCL) am KIT. Seit Mai 2013 Postdoc in der Forschungsgruppe „Data Mining and Uncertainty Quantification“ am Heidelberger Institut für Theoretische Studien (HITS gGmbH).

Dr.-Ing. Ingo Münch beendete sein Studium zum Bauingenieur mit einer Diplomarbeit über mathematische Optimierung im Industriebau. Diese Arbeit entstand auf Anregung eines Stahlbauunternehmens und ergänzt bis heute seine Forschungstätigkeit durch praktisch motivierte Projekte mit Studierenden. Seit 2012 ist er akademischer Oberrat am Institut für Baustatik des KIT und damit in Forschung, Lehre sowie Industrieprojekte eingebunden. Seine erste Anstellung als Tragwerksplaner wurde durch das Angebot als Lehrassistent seines Doktorvaters Werner Wagner abgelöst. Mechanik und Multiphysik stand für ihn von Anfang an im Hauptinteresse. Die vertiefende Arbeit über physikalische Bedeutungen des Cosserat-Kontinuums führte 2007 zur Promotion mit Auszeichnung und wurde durch die Kooperation mit Patrizio Neff nachhaltig gefördert. Seit seinem Forschungsstipendium am Department of Material Sciences der Universität Oxford (GB) gehört Mehrphasenmodellierung in sein Repertoire numerischer Methoden, welche über die Simulation von Ferroelektrika bis hin zur Optimierung von Strukturen reicht.

Weshalb ihn Statik und Mechanik begeistern, dafür hat Ingo Münch eine einfache Erklärung: Der Mensch wird schon als Struktur- und Materialforscher geboren. In den ersten Monaten seines Lebens prüft er alles Greifbare auf Klang- und Festigkeitsverhalten. Natürlich tut er dies zunächst ohne Bewusstsein aber mit großer Neugier, Ausdauer und Freude. Die Attribute eines Forschers werden also in dieser Disziplin schon früh exerziert. Der Gesichtspunkt zerstörungsfreier Prüfung spielt dabei übrigens keine Rolle. Mit diesen Methoden ist Ingo Münch auch erst später in Berührung gekommen. Er übernahm 2010 die Leitung der Industrieprojekte des Instituts und hat sich hierzu bei der Deutschen Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung auf LT3-Level zertifiziert.

Mit dem ersten Job als Hilfswissenschaftler an der Uni werden oft Weichen gestellt, so auch bei Ingo Münch, welcher über mehrere Semester als Tutor für Mechanik bei Prof. Schweizerhoff arbeitete. Seine Vertieferarbeit zur Formfindung vorgespannter Membrane unter Anleitung von Prof. Bletzinger führten diesen Weg weiter. Dennoch entschied er sich nach seinem Studium zunächst für eine praktische Tätigkeit als Tragwerksplaner, was er als beinahe schmerzhaft lehrreiche Zeit einstuft. Tragwerksplanung ist ein iterativer Prozess und die Mühe detaillierter Berechnungen kann schnell vergebens sein – es genügt oft eine anscheinend geringe Veränderung der umfangreichen Randvorgaben. So entstand die Idee, freie Software als studentische Abschlussarbeiten zu entwickeln und zu betreuen [1].

Als Assistent wurde er im Rahmen einer Seminarreihe von Prof. Neff auf die Problematik von Randvorgaben in der mikropolaren Kontinuumsmechanik hingewiesen. Während in der Strukturmechanik (Balken, Platte, Schale) die Vorgabe von Verdrehungen im Wesentlichen geometrische Bedeutung hat, ist dies für das Rotationsfeld der Cosserat-Theorie differenziert zu betrachten. Die-

ser Aspekt ist z.B. in der Reissner-Mindlin Plattentheorie präsent, wenn man über den Soft- bzw. Hardsupport an Navier gelagerten Rändern zu entscheiden hat. Blockiert

man die Drehungen, welche vektoriell gesehen senkrecht zum Rand stehen, spricht man von Hardsupport und umgekehrt von Softsupport. Am Beispiel des Torsionsstabes sind die Auswirkungen dieser Randvorgabe in der Cosserat-Theorie deutlich zu erkennen. Es offenbart sich auch die Konsequenz der konstitutiven Annahme für den sogenannten Kopplungsmodul bezüglich unsymmetrischer Verzerrungen. Die Interaktion dieses Kopplungsmoduls mit der internen Länge, welche dem Kontinuum zugewiesen wird, ist Gegenstand seiner Dissertation [2].

Da die Cosserat-Theorie auf das Postulat symmetrischer Spannungen verzichtet, ist auch magnetische Belastung als inhärente Eigenschaft des Kontinuums möglich [3].

Das Beispiel in Abb. 1 zeigt eine flexible, magnetische Kegelscha-

le, welche sich durch ein externes magnetisches Feld öffnen und schließen lässt.

In seinem durch das KHYS geförderten Forschungsaufenthalt an der Universität Oxford arbeitete Ingo Münch 2008/09 eng mit John Huber und Chad Landis zusammen. Dabei entstand die Idee, ferroelektrische Nanostrukturen auf deren Polarisationsverhalten genauer zu untersuchen, um Mechanismen zur direkten Umwandlung von mechanischer in elektrische Energie zu erforschen. Mit einem dafür entwickelten Mehrphasenmodell wurde zunächst eine ausgezeichnete Domänenstruktur entdeckt [4]. Deren räumliche Symmetrie erfüllt die Forderungen der Maxwell-Gleichungen, siehe Abb. 2. Diese Struktur könnte sich als elektronischer Speicher nutzbar machen, da mit einem einzelnen Baustein bereits 6 Zustände, also 3 Bit speichern lassen. Je nach Wahl des Ferroelektrikums könnte diese Datenmenge auf wenigen Nanometern erfasst werden. Als Leiter eines Kompetenzfeldprojektes des KIT erhielt Ingo

STECKBRIEF



Münch 2011 eine Anschubfinanzierung zur numerischen Untersuchung strukturierbarer, ferroelektrischer Dünnschichten [5,6]. Dieses Projekt wird seit 2013 durch die DFG gefördert und soll die Optimierung und Machbarkeit solcher Nanogeneratoren untersuchen. Im Zuge dessen arbeitet er generell an Mehrphasenformulierungen, welche z.B. zur Strukturoptimierung wie in Abb. 3 einsetzbar sind.

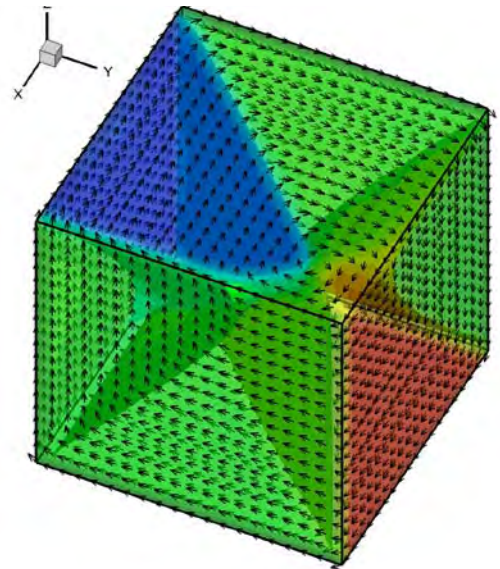


Abb. 2: Räumliche Polarisationsstruktur (Hexadomain) eines elektrisch isolierten Nanowürfels aus Bariumtitanat BaTiO₃.

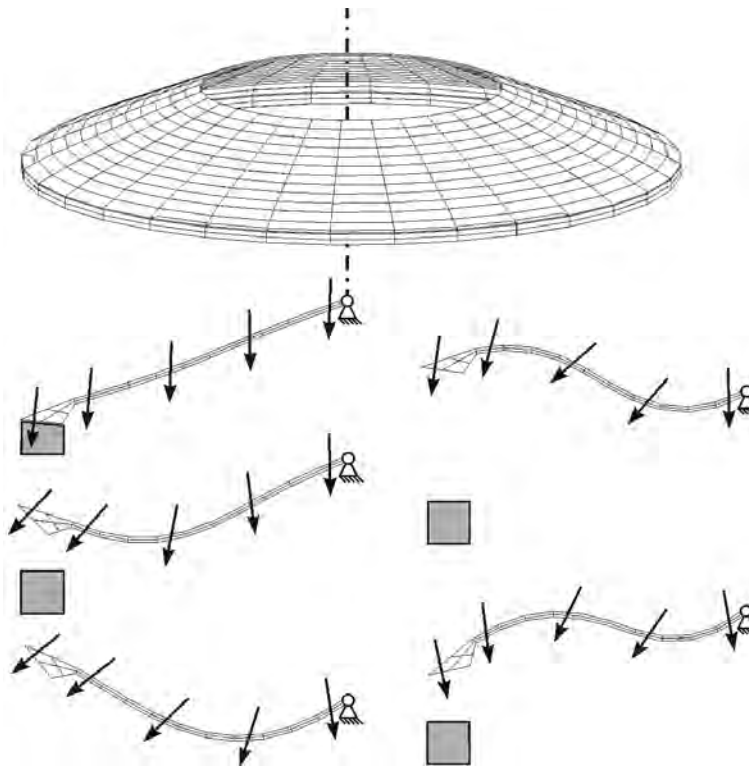


Abb. 1: Die flexible Kegelschale, deren remanente Magnetisierung in den Schnitten dargestellt ist, lässt sich durch ein vertikales, äußeres Magnetfeld öffnen und schließen.

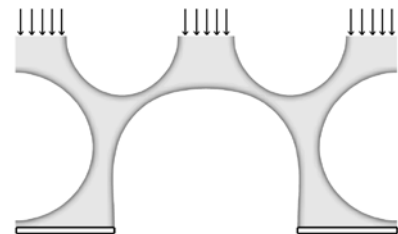


Abb. 3: Formfindung mit Hilfe eines Mehrphasenmodells unter symmetrischen Randbedingungen.

Literatur

[1] I. Münch, W. Wagner: Freie Softwareentwicklung im Bauingenieurwesen am Beispiel der Bemessung von Industriehallen. Bauingenieur 86(9), Springer VDI Verlag, 2011.

[2] I. Münch: Ein geometrisch und materiell nichtlineares Cosserat-Modell – Theorie, Numerik und Anwendungsmöglichkeiten. Dissertation, Institut für Baustatik, Bericht 13, 2007. <http://digbib.ubka.uni-karlsruhe.de/volltexte/1000007371>

[3] I. Münch, W. Wagner, P. Neff: Theory and FE-analysis for structures with large deformation under magnetic loading. Computational Mechanics 44, 93-102, 2009.

[4] I. Münch, J. E. Huber: A hexadomain vortex in tetragonal ferroelectrics. Applied Physics Letters 95, 022913, 2009.

[5] I. Münch, M. Krauß, C. M. Landis, J. E. Huber: Domain engineered ferroelectric energy harvesters on a substrate. Journal of Applied Physics 109(10), 104106, 2011.

[6] I. Münch, M. Krauß, W. Wagner, M. Kamlah: Ferroelectric nanogenerators coupled to an electric circuit for energy harvesting. Smart Materials and Structures 21, 115026, 2012.

Kontakt

Dr.-Ing. Ingo Münch
 Institut für Baustatik
 Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
 Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe
 Tel: +49 721 6084 2289
 E-mail: ingo.muench@kit.edu

RUNDBRIEF READERS

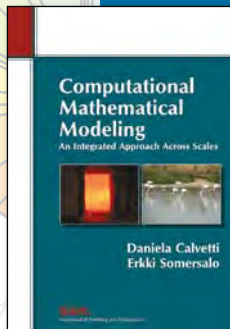
Save 30% on these SIAM titles:

Computational Mathematical Modeling: An Integrated Approach Across Scales

Daniela Calvetti and Erkki Somersalo
Mathematical Modeling and Computation 17

This textbook concentrates on two modeling paradigms: the macroscopic, in which the authors describe phenomena in terms of time evolution via ordinary differential equations, and the microscopic, which requires knowledge of random events and probability. The text emphasizes the development of computational skills to construct predictive models and analyze the results. To elucidate the concepts, a wealth of examples and portions of MATLAB® code used by the authors are included.

2012 • xii + 222 pages • Softcover • 978-1-611972-47-4
List \$69.00 • Rundbrief Reader Price \$48.30 • MM17

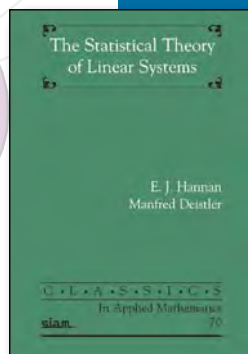


The Statistical Theory of Linear Systems

E. J. Hannan and Manfred Deistler
Classics in Applied Mathematics 70

Originally published in 1988, this book deals with identification (in the sense of obtaining a model from data) of multi-input and multi-output linear systems, in particular systems in ARMAX and state space form. This edition includes an extensive new introduction that outlines central ideas and features of the subject matter, as well as developments since the book's original publication, such as subspace identification, data-driven local coordinates, and the results on post-model-selection estimators.

2012 • xlvi + 380 pages • Softcover • ISBN 978-1-611972-18-4
List \$99.00 • Rundbrief Reader Price \$69.30 • CL70



Be sure to enter code "BKGM13" to get special discount price.

siam

SOCIETY FOR INDUSTRIAL AND APPLIED MATHEMATICS

TO ORDER, SHOP ONLINE AT www.siam.org/catalog.

Use your credit card (AMEX, MasterCard, and VISA) by phone: +1-215-382-9800 (worldwide) or fax: +1-215-386-7999. Or send check or money order in US dollars to: SIAM, Dept. BKGM13, 3600 Market Street, 6th Floor, Philadelphia, PA 19104-2688 USA. Members and customers outside North America can order SIAM books through Cambridge University Press at www.cambridge.org/siam.

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

siam e-books

SIAM e-books: It's your turn

Libraries and institutions have already discovered the ease and convenience of SIAM e-books.

Now it's your turn.

Enjoy new and classic SIAM titles on your personal e-reader, tablet, smartphone, or computer. Access your favorite SIAM titles on Google Play™ whenever you want and wherever you go. Read top-quality SIAM publications valued by applied mathematicians and computational scientists throughout the world on popular e-book platforms, including

- Apple™ and Android™ devices
- Nook™
- Sony® eReader
- most tablets, laptops, smartphones, and desktop computers.

To purchase SIAM e-books, visit play.google.com and search for your desired title. Follow the instructions to buy and download (or use from Cloud storage). It's a new and easy way to access the knowledge and insight you'll find in every SIAM book.

SIAM e-books...coming to a screen near you!

play.google.com



Google play

Google Play is a trademark of Google, Inc.

siam

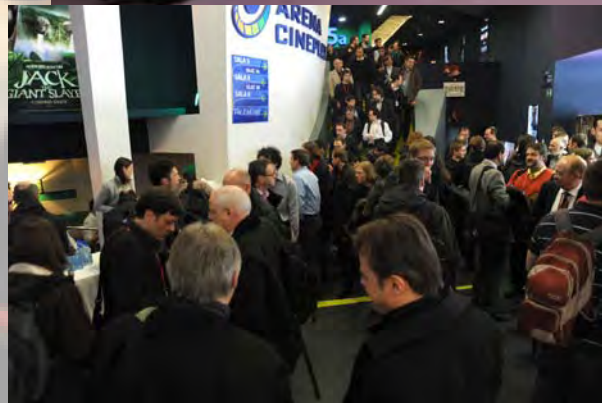
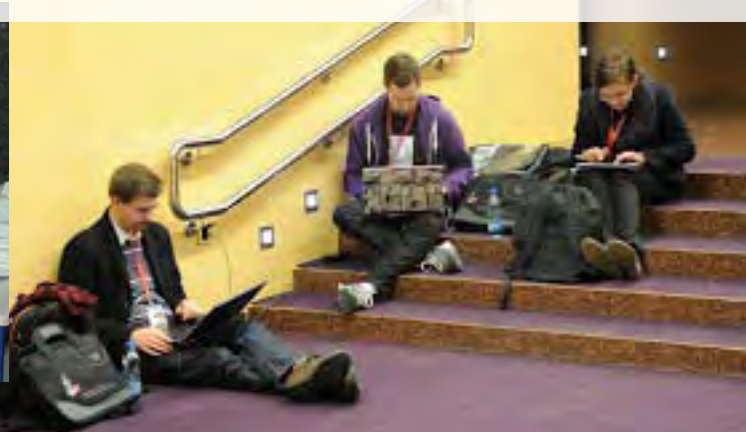
Society for Industrial and Applied Mathematics

6/13_3

Art is adapted from a paper by A. L. Traud, E. D. Kelsic, P. I. Mucha, M. A. Porter. "Comparative Community Structure to Characteristics in Online Collegiate Social Networks." SIAM Vol. 53, no. 526-543.



NOVI SAD 2013



RICHARD-VON-MISES-PRIZE 2013

LAUDATION ON CHRISTIAN LINDER BY CHRISTIAN MIEHE

LAUDATION ON DENNIS KOCHMANN BY BOB SVENDSEN

Ladies and Gentlemen, distinguished guests, it is my great pleasure to introduce the first winner of the “Richard-von-Mises-Prize”, Prof. Christian Linder, currently Assistant Professor at Stanford University. He is a distinguished young investigator, who has significantly contributed to the fields of computational mechanics and micro-mechanics of materials.

Christian Linder is a native Austrian, who received his diploma degree in Civil Engineering at the TU Graz in 2001 with distinction. He then joined the M.Sc. program “Computational Mechanics of Materials and Structures” at the University of Stuttgart, that he finished with the best achievable score as the best student over the past 10 years. He then received a “Fulbright scholarship” and was admitted for PhD studies at UC Berkeley.

Putting a strong focus on a holistic education in applied mechanics and mathematics, he graduated from Berkeley with both, an M.A. in Mathematics in 2006 and a PhD in Civil Engineering in 2007, both with excellent score. In 2008, Christian Linder joined the Department of Civil Engineering and the Cluster of Excellence “Simulation Technology” at the University of Stuttgart as a Juniorprofessor, where he successfully established a research group on “Micro-mechanics of Materials”. He finished this very fruitful period in 2012 with a Habilitation in Mechanics, and accepted an offer for an assistant professorship at Stanford University. Since January 2013, he guides the “Computational Micromechanics of Materials Lab” at Stanford. Christian Linder’s research covers a broad range of areas in Computational Mechanics and Micromechanics of Materials, where he made exceptional contributions. In the area of the computational modeling of failure in solids, he developed advanced finite elements with embedded strong discontinuities for the simulation of fracture and shear bands, under static and dynamic situations in plane and 3D. He generalized that framework onto multiple levels and extended it to electro-mechanical problems for the predictive modeling of crack propagation in piezoceramics. In the area of modeling materials with network microstructures, such as elastomers, textiles or biopolymers, he developed

a new diffusion-based transient network model for the viscoelastic response of polymers, that directly provides a link to the Brownian motion of polymer chains and developed a novel homogenization method for random network microstructures, making use of the so called maximal advance path constraint. Finally, he has also contributed to the research area involving electronic structure calculations of defects in materials at the nano-scale by the development of an innovative finite element based density-functional-theory. His research results have been published in renowned international journals, such as International Journal of Numerical Methods in Engineering, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, International Journal of Fracture, Journal of the Mechanics and Physics of Solids, Philosophical Magazine, or Journal of Computational Physics. His academic writing reflects the perfection he brings towards all levels of his research. He tackles and solves problems with an outstanding determination accompanied by extreme work load capacity. Besides his excellent research, Christian Linder is a great and dedicated teacher. He already taught undergraduate courses in applied mechanics and graduate courses on advanced topics in mechanics, all with exceptional evaluations. He is a passionate group leader and is intellectually highly stimulating his students.

Christian Linder must be considered to be one of the best young research fellows who links the field of computational mechanics and physically-based material modeling. He received already several awards, in particular a call for a full professorship at the TU Graz. The acceptance of the tenure-track assistant professorship at Stanford instead, underlines his unique dedication and passion to science. Christian Linder is a person who has devoted his life and personality to academia. He is perfectly suited for the receipt of the Richard-von-Mises-Prize of the GAMM, in particular due to his extraordinary holistic approach of his research, that couples the fields of applied mechanics and mathematics as well as theory and numerics.

Congratulation, Christian!



Ladies and Gentlemen,

I have the great pleasure to introduce to you the second of this year's von Mises Prize awardees, Dennis Kochmann. It is my pleasure as well to do this on behalf of our colleagues Hans Hornung and Michael Ortiz, who nominated Dennis for the award and unfortunately cannot be with us today. In any case, if they hadn't nominated Dennis, I certainly would have. I can't think of a more worthy candidate for the award. So let me tell you something about how Dennis has come this far.

Dennis is a native German who grew up in Bottrop, Germany, where he received his Abitur (highschool diploma) in 2001 with the top GPA of 1.0. After his year of civil service, Dennis started his university career at the Ruhr-University in Bochum in 2002. Having completing his Vordiplom in Mechanical Engineering in Bochum, Dennis then decided on a change of scene. Supported by a prestigious Fulbright fellowship, he left Bochum to study Engineering Mechanics at the University of Wisconsin-Madison in 2004 where he received a master's degree, again with the top GPA of 4.0. During this time in Wisconsin, Dennis first discovered his passion for the topic of instabilities in solids. This resulted for example in him working on a novel way of designing composite materials with controllable properties by putting instability (which otherwise one generally wants to avoid) to good use. This resulted in multiple papers on elastic stability theory. In addition, he also spent two semesters in Rod Lakes' lab in Wisconsin to conduct experiments confirming the theoretical predictions. You will hear more about this in just a few minutes.

In 2006, Dennis returned to Bochum to complete his Diplom-Degree in Mechanical Engineering, again with the top (German) grade of 1.0. In summary it took him only nine semesters to earn a German Diplom-Degree and an American Master's degree, both with the highest grade possible. In the process, he was granted a number of awards. These included the aforementioned Fulbright fellowship, the ThyssenKrupp Student Award for the best Vordiplom, the Adam Opel Prize for the best Diplom, a full scholarship of the Studienstiftung des deutschen Volkes, and a DAAD fellow-ship.

Not one to waste time, Dennis took a week of vacation after completing his Diplom before starting his PhD with Klaus Hackl and Khanh Chau Le in Bochum. His PhD research focused on the formation and evolution of microstructure in metals and their impact on macroscopic properties. This was the time when we became acquainted with each other and started to collaborate. Both his work on relaxation-based microstructure modeling in finite plasticity and his research in applying continuum dislocation theory to understand and describe size effects in crystal plasticity and deformation twinning have resulted in interesting new theoretical and computational micromechanical models. After the completion of his PhD in less than three years in 2009, Dennis moved back to Wisconsin as a postdoc to continue and intensify his theoretical and computational work on novel composites that make use of instability. After ten months there, he moved on to my alma mater, the California Institute of Technology, as a postdoc working with Michael Ortiz and supported by a Feodor-Lynen



fel-lowship of the Alexander von Humboldt Foundation. Together with Michael, Dennis took his work on microstructures in solids to the next level, that is, the next level down. His work on atomistic modeling and in particular on a meshfree quasicontinuum technique has strived to provide new ways that bridge the gap between molecular dynamics and the macroscopic continuum. This also involves a substantial computational science component to make his new code massively parallel. Maybe you heard his talk yesterday on this subject.

At the ripe young age of 28, Dennis was offered and accepted a tenure-track faculty position in Caltech's Aerospace Department (GALCIT) in 2011, where he is today. At Caltech, Dennis has quickly established his own research group at the crossroads of theoretical, computational, and experimental mechanics. He currently has five PhD students, three postdocs, and a few undergraduates.

Dennis' research interests and methods are extremely broad and multifaceted. Current research projects he is pursuing include a) plasticity-twinning interactions in magnesium, b) scale-bridging models for nanolattice materials, c) new experimental viscoelastic characterization techniques, d) novel piezoelectric and particlereinforced composites, e) waveguiding in periodic media, f) dynamic homogenization techniques, g) meshless quasicontinuum and coarsegrained molecular dynamics, and h) massively-parallel atomistic solvers. Besides his theoretical and computational work, he is also building up his own experimental lab.

Dennis has published articles in top international journals and various book chapters, not to mention numerous

proceedings publications, resulting in a total of some 30 publications. A rather rare distinction for engineers, his very first publication appeared in Science and has already been cited more than 40 times. Dennis is also very active in organizing workshops and symposia at national and international meetings. He is an active member of ASME, USACM, APS, SES, and of course the GAMM. He was recently elected the recording secretary of ASME's Applied Mechanics Division's Executive Committee. He is also busy giving invited lectures around the world, this year including such places as MIT, Harvard, or Ecole Polytechnique. And when he is not traveling, his new home of choice is now in sunny Southern California, which happens to be my home state.

Besides research, Dennis loves to teach and he does so with great success. At Caltech he has taught classes on continuum mechanics and computational mechanics. In their evaluations, his students have ranked him near the very top of the institute. After only one year on the job, he was awarded Caltech Graduate Student Council's Teaching Award, which is given each year to only one professor across the entire campus for excellence in teaching. Speaking of awards, last year Dennis was awarded IUTAM's Bureau Prize in Solid Mechanics and quite recently NSF's prestigious CAREER award.

So what else can I say? Absolutely nothing! Dennis's incredible record of achievement speaks for itself.

Congratulations, Dennis!

RUNDBRIEF READERS

Save 30% on these SIAM titles:

Approximation Theory and Approximation Practice

Lloyd N. Trefethen

In a book that will appeal to beginners and experts alike, Oxford University's Nick Trefethen presents approximation theory using a fresh approach for this established field. This is a textbook on classical polynomial and rational approximation theory for the twenty-first century. It uses Matlab® to teach the field's most important ideas and results and differs fundamentally from other works on approximation theory in a number of ways: its emphasis is on topics close to numerical algorithms; concepts are illustrated with Chebfun; and each chapter is a PUBLISHable Matlab M-file, available online.

2012 • xiii + 305 pages • Softcover • 978-1-611972-39-9 • List \$49.00 • Rundbrief Reader Price \$34.30 • OT128

Semidefinite Optimization and Convex Algebraic Geometry

Edited by Grigoriy Blekherman, Pablo A. Parrilo, and Rekha R. Thomas

MOS-SIAM Series on Optimization 13

A self-contained, accessible introduction to the mathematical advances and challenges resulting from the use of semidefinite programming in polynomial optimization. Each chapter addresses a fundamental aspect of this quickly evolving research area. The book begins with an introduction to nonnegative polynomials and sums of squares and their connections to semidefinite programming and quickly advances to several areas at the forefront of current research.

2012 • xx + 475 pages • Softcover • 978-1-611972-28-3 • List \$129.00 • Rundbrief Reader Price \$90.30 • MO13

Algebraic and Geometric Ideas in the Theory of Discrete Optimization

Jesús A. De Loera, Raymond Hemmecke, and Matthias Köppe

MOS-SIAM Series on Optimization 14

This book presents recent advances in the mathematical theory of discrete optimization, particularly those supported by methods from algebraic geometry, commutative algebra, convex and discrete geometry, generating functions, and other tools normally considered outside the standard curriculum in optimization. It offers several research technologies not yet well known among practitioners of discrete optimization, minimizes prerequisites for learning these methods, and provides a transition from linear discrete optimization to nonlinear discrete optimization.

2012 • xx + 322 pages • Softcover • 978-1-611972-43-6 • List \$109.00 • Rundbrief Reader Price \$76.30 • MO14

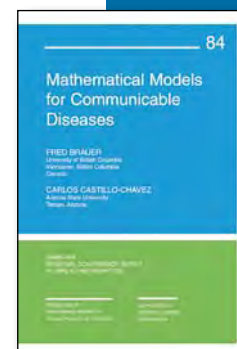
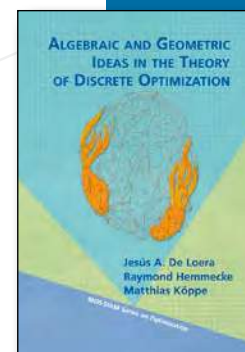
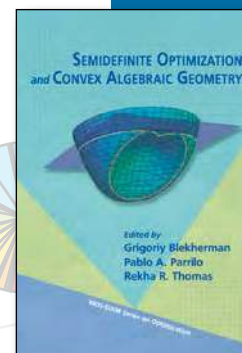
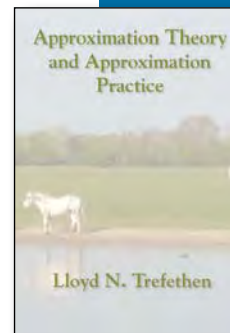
Mathematical Models for Communicable Diseases

Fred Brauer and Carlos Castillo-Chavez

CBMS-NSF Regional Conference Series in Applied Mathematics 84

This graduate-level monograph appeals to readers interested in the mathematical theory of disease transmission models. It is self-contained and accessible to readers who are comfortable with calculus, elementary differential equations, and linear algebra. The book provides insight into modeling cross-immunity between different disease strains (such as influenza) and the synergistic interactions between multiple diseases (e.g., HIV and tuberculosis); diseases transmitted by viral agents, bacteria, and vectors (e.g., mosquitos transmitting malaria to humans); and both epidemic and endemic disease occurrences.

2012 • xviii + 270 pages • Softcover • 978-1-611972-41-2 • List \$77.00 • Rundbrief Reader Price \$53.90 • CB84



siam SOCIETY FOR INDUSTRIAL AND APPLIED MATHEMATICS

TO ORDER, SHOP ONLINE AT www.siam.org/catalog.

Use your credit card (AMEX, MasterCard, and VISA) by phone: +1-215-382-9800 (worldwide) or fax: +1-215-386-7999.

Or send check or money order in US dollars to: SIAM, Dept. BKGMI3, 3600 Market Street, 6th Floor, Philadelphia, PA 19104-2688 USA.

Members and customers outside North America can order SIAM books through Cambridge University Press at www.cambridge.org/siam.

ORDER ONLINE:
WWW.SIAM.ORG/CATALOG



OPENING ADDRESS AT ANNUAL MEETING 2013

VOLKER MEHRMANN

Dear Rector Prof. Veskovic,
dear GAMM members,

I welcome all of you to the Annual Meeting of GAMM in Novi Sad. This is the first time that the Annual Meeting takes place in Serbia, Vojvodina and Novi Sad and I would like to thank Novi Sad University and the Faculties of Science and Technical Science and, the chairs of the local organizing committee, Prof. Ljiljana Cvetković and Prof. Teodor Atanacković and their staff (here in particular Vladimir Kostic) for taking on the burden to organize this big meeting and for all the hard work that they have put into this. I think that the University of Novi Sad as one of major universities in Serbia is a perfect place for this meeting which I am sure will be a great success.

This is my third and last Annual Meeting as president of GAMM and I consider it a great honor and privilege to stand here and address you on the occasion of the opening of this 84th annual meeting of GAMM.

Let me take this opportunity to say a few words about the current situation and the future challenges in the areas of applied mathematics and mechanics. Modeling, simulation and optimization is (not only in the area of mechanics) very much a driving factor of technological development. We are experiencing the beginning of a golden age, where model based design and optimization of new materials, new airplanes or cars and electronic devices as well as even artificial body parts have become a realistic scenario. A strong joint cooperation of experimental and theoretical research, as well as the development of fast and reliable numerical simulation and optimization methods and their implementation on modern computer architectures allows faster innovation cycles and GAMM is in the middle of this exciting development. Our research has to focus on advancing these exciting directions and also has to be adaptive to the rapidly changing developments in the way science is done and how scientific results are transferred into industry and society.

To achieve this, we have to invest heavily in the next generation of researchers, to educate them for these

challenges and to integrate them as well in the decision processes. For this reason, I am particularly happy that a large percentage of the participants of this year's GAMM meeting are PhD students that stand for the future development of GAMM. I really hope that this trend continues in future years.

We also have to look out for new directions of research in applied mathematics and mechanics and to establish a stronger cooperation within GAMM by strengthening the activity groups. Last year we have started 3 new activity groups and this trend is continuing in this year with several new activity groups that will be discussed on Wednesday. These are on the topics

- Phase Field Modeling
- Analysis of Partial Differential Equations

The group of 'GAMM Juniors' has now established itself and is presenting itself here in Novi Sad with a poster session to which I all welcome you.

We hope that these and other important activities help to make GAMM fit for the great challenges that are ahead of us. Being in Novi Sad reminds me that we should also strengthen the cooperation with the groups in countries like Serbia and on the European level in general.

Looking back at the last years, I think that GAMM is on a good path and that we are making a difference.

This brings me to a very important item on the agenda. Every year since 1989, GAMM awards the Richard von Mises Prize to young scientists whose research represents a major advancement in the field of applied mathematics and mechanics. In this year, the prize committee selected two prize winners that share the prize: In alphabetic order: Dennis Kochmann from the California Institute of Technology and Christian Linder from Stanford University, both in California.

With this, I wish all of you a scientifically and socially successful meeting here in Novi Sad.

84. GAMM-JAHRESTAGUNG

LJILJANA CVETKOVIĆ AND TEODOR ATANACKOVIĆ, NOVI SAD

The 84th GAMM Annual Meeting took place in the city of Novi Sad in Serbia on March 18-22, 2013, and, as the GAMM society can be proud of its tradition of being a motor of change and innovation in science and engineering, we are happy to report that this year's annual meeting was held in the same spirit for several reasons.

First, in its long history of GAMM annual conferences, this conference was the first one being held in Serbia, and, in fact, only the second (after Dubrovnik 1985) in the region of Balkans. The host of the event was Novi Sad, cultural, scientific and economical center of the region of Vojvodina, and the capital of this north district of Serbia. Although already known for its good tradition as the gathering place of diverse scientific, cultural, educational, and other, especially youth, manifestations, the city of Novi Sad took challenge of hosting this event, and did its best to make the visitors feel welcomed in many ways.

On the first conference day, just after a welcoming reception with Fruška Gora's sweet wine and refreshments for arriving visitors, the opening of the conference took place in the Serbian National Theatre, followed by the Ludwig Prandtl Memorial Lecture by Prof. Alexander Smits from Princeton University, and the first plenary lecture.

The afternoon of the first day, as well as the mornings until the end of the conference, the participants were enjoying at the Arena Cineplex, the biggest movie theatre in Novi Sad, where all of the six minisymposia, six young researchers minisymposia, the rest of nine plenary lectures, two von Mises prize lectures and GAMM General Assembly took place. Although it was the first time for the most of the speakers to give a talk in a movie theatre, the overall impression was excellent, from both, speakers and the audience.

To conclude the first and welcoming day of the meeting, a reception for all participants was arranged in Banovina Palace, hosted by the President of the Regional Government of Vojvodina, while the Major of the City of Novi Sad ex-

clusively opened the doors of Tito's saloon at the Fortress of Petrovaradin for the distinguished Ludwig

Prantl Memorial Dinner. Following the pace of the other social events, the conference dinner was organised at Hotel Park****, where, again, traditions of GAMM meetings were enriched with some of the local flavours, this time in a form of live musical performance that inspired some to try out the dance floor.

While the first two conference venues were in the very downtown of Novi Sad, the third one, Faculty of Technical Sciences, was situated in the campus of the University of Novi Sad, just a short walk nearby, next to bank of the Danube River. Here, from Tuesday till Thursday afternoons were filled with contributed talks, coffee breaks and exhibitions.

Although, all three venues were very close to each other, the city of Novi Sad was happy to provide its 681 guest from 35 countries an opportunity to explore the city by offering them a free pass for bus rides in public transport. And, for those whose time permitted, excursions around the town, a visit to Belgrade, capital of Serbia, and wine tour through Fruška Gora national park were at the disposal.

Since almost the half of participants were young researchers, most of them PhD students, it came as no surprise that another innovative highlight of the conference, initiative of GAMM-Juniors, was a success. They presented their on-going research in form of posters, which were successfully exhibited on Wednesday afternoon in the vacancy of the Faculty of Technical Sciences.

While the conference was getting to its end, our local organizing team stayed faithful to the job of doing its best to welcome the participants and make their stay as enjoyable as possible, by helping with the direct transportation back to the Belgrade airport.



BESCHLUSSPROTOKOLL ZUR HAUPTVERSAMMLUNG 2013 DER GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE MATHEMATIK UND MECHANIK E.V.

Die Hauptversammlung der GAMM fand während der Jahrestagung 2013 am Mittwoch, dem 20. März 2013, in der Zeit von 11.00 – 12:00 Uhr in der Arena Cineplex in Novi Sad statt.

Zu Beginn der Veranstaltung waren 83 Mitglieder anwesend.

Den Vorsitz der Hauptversammlung führte der Präsident, Herr Mehrmann, das Protokoll führte der Sekretär, Herr Kaliske.

Alle Mitglieder wurden satzungsgemäß unter Angabe der folgenden Tagungsordnung im Januar 2013 schriftlich eingeladen:

1. Bericht des Präsidenten, 2. Bericht des Schatzmeisters,
3. Bericht der Kassenprüfer, 4. Entlastung des Vorstands,

5. Wahlen: *Kassenprüfer*

Mitglieder des Vorstands

Präsident (bis 2013 V. Mehrmann, Berlin)

Vizesekretär (bis 2013 W. Ehlers, Stuttgart)

Mitglieder des Vorstandsrats:

Prof. P. Benner, Magdeburg, 1. Amtszeit bis 2013, wieder wählbar;

Prof. S. Conti, Bonn, 1. Amtszeit bis 2013, wieder wählbar;

Prof. L. Grüne, Bayreuth, 1. Amtszeit bis 2013, wieder wählbar;

Prof. F. Rammerstorfer, Wien, 2. Amtszeit bis 2013, nicht wieder wählbar,

Prof. G. Schuëller, Innsbruck, verstorben im Juni 2012; Prof. A. Thess, Ilmenau, 2. Amtszeit bis 2013, nicht wieder wählbar

Wahlkommission

6. Mitgliedsbeiträge; 7. Fachausschüsse; 8. Verschiedenes

1. Bericht des Präsidenten

Der Präsident informiert über:

- das Ableben von Mitgliedern der Gesellschaft,
- die Einrichtung von drei neuen Fachausschüssen,
- die Ernennung von GAMM-Juniors,
- die Umsetzung von Vorschlägen der Zukunftskommission,
- die Ausschreibung des Dr. Klaus Körper Dissertationspreises
- die Vergabe des Richard von Mises Preises,
- die GAMM Lecture-Notes,
- die elektronische Wahl,
- die Vorbereitung und Planung der zukünftigen GAMM-Jahrestagungen

2. Bericht des Schatzmeisters

Der Sekretär, Herr Kaliske, stellt in Vertretung für den Schatzmeister den Kassenbericht für den Zeitraum vom 01.01.2012 bis 31.12.2012 vor. Anfragen wurden nicht gestellt.

3. Bericht der Kassenprüfer

Herr Kaliske verliest den Bericht der Kassenprüfer, Frau Heilmann und Herrn Tibken, für das Jahr 2012. 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

Über den Antrag der Kassenprüfer zur Entlastung des Schatzmeisters wird abgestimmt. Mit 4 Enthaltungen und ohne Ge-

genstimme wird dem Antrag zugestimmt. Auf Antrag von Herrn Jeltsch, Zürich, wird der Vorstandsrat einstimmig bei 11 Enthaltungen entlastet.

5. Neuwahlen

Einstimmig werden Frau Heilmann und Frau Jacob als Kassenprüfer für ein Jahr gewählt.

Der Vizepräsident stellt die für den Vorstandsrat zur Wahl stehenden Kandidaten vor.

Die geheime Abstimmung (Urnenwahl und elektronische Wahl) führt auf folgendes Ergebnis:

Vorstand

Präsident	W. Ehlers	243 Stimmen (25 Enth.)
Vizesekretär	R. Müller	231 Stimmen (37 Enth.)

Vorstandsrat

Numerische Analysis	P. Benner	228 Stimmen (40 Enth.)
Angewandte Analysis	S. Conti	225 Stimmen (43 Enth.)
Analysis	L. Grüne	214 Stimmen (54 Enth.)
Festkörpermechanik	J. Eberhardsteiner	211 Stimmen (57 Enth.)
Stochastik/Optimierung	G. Kutyniok	94 Stimmen (14 Enth.)
Stochastik/Optimierung	S. Leyendecker	142 Stimmen (18 Enth.)
Strömungsmechanik	C. Egbers	207 Stimmen (61 Enth.)

Die jeweilige Amtszeit beginnt am 1. Januar 2014 und endet am 31. Dezember 2016. Frau Leyendecker ist damit in der Abstimmung mit Frau Kutyniok gewählt worden. Einstimmig bei 3 Enthaltungen wird die Wahlkommission bestehend aus den Herren Griewank, Kienzler, Rammerstorfer, Plum neu gewählt.

6. Mitgliedsbeiträge

Anträge oder Anfragen liegen nicht vor.

7. Fachausschüsse

Der Vizesekretär, Herr Ehlers, berichtet über die Evaluation der Fachausschüsse „Angewandte und Numerische Lineare Algebra“ (Benner), „Multiskale Material Modelling“ (Böhlke), „Computer-gestützte Beweise und symbolisches Rechnen“ (Plum), „Numerische Methoden für partielle Differenzialgleichungen“ (Wieners). Der Fachausschuss „Angewandte und Numerische Lineare Algebra“ wird aufgrund des Erreichens der maximalen Laufzeit geschlossen. Neu gegründet werden die Fachausschüsse „Numerische Lineare Algebra“ (Frommer), „Analysis partieller Differentialgleichungen“ (Abels), „Phasenfeldmodellierung“ (Müller). Der Bericht und die Neueinrichtungen werden einstimmig beschlossen. Ergänzungen oder Anfragen zu dem Bericht liegen nicht vor.

8. Verschiedenes

Die nächste Hauptversammlung findet voraussichtlich am 12. März 2014 in Erlangen statt.

Berlin, 19.04.2013	Dresden, 26.04.2013
Volker Mehrmann	Michael Kaliske
<i>Präsident</i>	<i>Sekretär</i>

BERICHT DES PRÄSIDENTEN

HAUPTVERSAMMLUNG GAMM 2013

Sehr geehrte GAMM Mitglieder, ich begrüße sie herzlich bei der diesjährigen Hauptversammlung der GAMM hier in Novi Sad. Es ist meine letzte Jahreshauptversammlung als Präsident. Ich möchte heute ein Resümee ziehen und Ihnen einen kurzen Bericht über die Entwicklung der GAMM in den letzten 12 Monaten geben.

Im Jahr 2012 sind 3 neue Fachausschüsse etabliert worden:

- Uncertainty Quantification, Sprecher: Vincent Heuveline, KIT,
- Computational Science and Engineering, Sprecher: Oliver Röhrle, Univ. Stuttgart und
- Mathematical Image Processing, Sprecherin: Gitta Kutyniok, TU Berlin.

Die Ausschüsse haben sich im Rundbrief vorgestellt und bereits zahlreiche Aktivitäten entfaltet. Auf der Vorstandssitzung zu Beginn dieser Tagung ist die Einrichtung weiterer Fachausschüsse für die Hauptversammlung empfohlen worden:

- Phasenfeldmodellierung (Phase Field Modeling): Antragsteller Ralf Müller, Technische Universität Kaiserslautern und Bernd Markert, Universität Stuttgart
- Analysis partieller Differentialgleichungen, (Analysis of Partial Differential equations): Antragsteller Helmut Abels, Universität Regensburg
- Neugründung: Numerische Lineare Algebra (Numerical Linear Algebra) Antragsteller Andreas Frommer, Universität Wuppertal.

Weiterhin wurden die Fachausschüsse

- Multiscale Material Modelling; Sprecher: Thomas Böhlke KIT und Stefan Diebels und
- Computerunterstützte Beweise und symbolisches Rechnen; (Sprecher Michael Plum KIT)

evaluiert.

In diesem Jahr ist zum zweiten Mal die Gruppe der GAMM-Juniors ausgewählt worden, die sich durch herausragende Leistungen in Diplom- und/oder Doktorarbeiten auf dem Gebiet der Angewandten Mathematik oder Mechanik auszeichnen. Die Gruppe wird sich ab heute Nachmittag mit einer Poster-Session hier auf der GAMM-Tagung vorstellen. GAMM - Juniors sind auf drei Jahre gewählt und in dieser Zeit beitragsbefreit. Sie werden von den GAMM-Repräsentanten der Hochschulen vorgeschlagen.

Leider ist die Nennung von GAMM-Repräsentanten noch etwas schleppend. Ich fordere Sie alle auf, an Ihren Hochschulen einen Repräsentanten zu benennen und an die Geschäftsstelle zu melden.

Auf Vorschlag der Zukunftskommission sind einige weitere Neuerungen beschlossen worden. So soll auf den kommenden Jahrestagungen ab 2014 in Erlangen die Anzahl der Hauptvorträge und Minisymposien reduziert und die Themen der Minisymposien der regulären und Young-Researchers Minisymposia gemeinsam ausgewählt werden. Es sollen finden in Zu-



kunft zudem die Hauptvorträge nicht in der ersten Einheit an den Vortragstagen statt.

Es werden in Zukunft jährlich 4 im jeweiligen Jahr abgeschlossene Dissertationen als beste Dissertationen ausgezeichnet. Die Preisgelder werden von der Dr. Klaus-Körper Stiftung gestiftet. Die Auswahl der Preisträger erfolgt vom Ausschuss, der auch GAMM-Juniors und Young Researchers Minisymposia auswählt, in diesem Jahr bestehend aus Volker Mehrmann, Martin Oberlack, Michael Plum und Jörg Schröder. Der erste Aufruf zur Nominierung hat stattgefunden, die Frist war der 28.2.2013. Das Komitee wird nun tätig werden.

In diesem Jahr werden wiederum Anträge auf Förderung von der Dr. Klaus-Körper Stiftung bewilligt. So wird u.A. der Richard-von-Mises Preis von der Stiftung finanziert. 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).

Wie im letzten Jahr angekündigt, ist die GAMM-Lecture Notes Reihe etabliert in Zusammenarbeit mit dem Springer Verlag und alle Mitglieder sind aufgefordert, Manuskripte einzureichen. Die Herausgeber sind Alexander Mielke und Bob Svendsen. Der erste Band wird in Kürze fertig gestellt werden. Hervorragende Manuskripte sind herzlich willkommen.

Die Vorstandswahlen fanden in diesem Jahr wiederum auch elektronisch statt. Die große Wahlbeteiligung zeigt, dass auf diesem Weg mehr Mitglieder erreicht werden. Ich hoffe, dass dieses Medium auch in Zukunft noch mehr zu einer höheren Beteiligung der GAMM-Mitglieder an den demokratischen Entscheidungsprozessen führt.

Die nächsten Jahrestagungen werden an folgenden Orten stattfinden

- 10. - 14. März 2014 Nürnberg/Erlangen
- 23. - 27. März 2015 Lecce, Italien
- 2016 Braunschweig
- 2017 Ilmenau / Weimar
- 2018 München

Eine Einladung zur Tagung in Erlangen erfolgt in Kürze. Das Programm-Komitee hat bereits getagt und die Hauptvortragenden, die Minisymposien und die Sektionsleiter ausgewählt. Ich wünsche Ihnen weiterhin eine anregende Tagung.

AUFRUF · CALL

**Für die Jahrestagung 2015
in Lecce/ Italien, 23. – 27. März,
veranstaltet die GAMM einen
Wettbewerb zur Einreichung von**

**For its Annual Meeting 2015
in Lecce/ Italy, March 23 - 27,
GAMM is arranging a competition for
submission of**

NACHWUCHS- MINISYMPOSIEN

YOUNG RESEARCHERS' MINISYMPOSIA

Wie die klassischen Minisymposien soll sich auch ein Nachwuchs-Minisymposium auf ein spezifisches, aktuelles Forschungsthema konzentrieren. Es stehen zwei Stunden zur Verfügung mit vier bis sechs Vorträgen. Um ein Nachwuchs-Minisymposium bewerben sich zwei Organisatoren von zwei verschiedenen Institutionen. Wie alle Vortragenden sollten sie höchstens 35 Jahre alt und noch nicht zum/zur („tenured“) Professor/in ernannt sein. Die Vortragenden sollen ebenfalls aus verschiedenen Institutionen kommen.

Like classical minisymposia, a young researchers' minisymposium shall focus on a specific, timely research subject. It will last two hours with four to six lectures. Two organisers from two different institutions apply for a young researchers' minisymposium. Like all other speakers, they should be at most 35 years old and not yet hold a tenured professor position. The speakers should also come from different institutions.

Das Programmkomitee wird aus den eingegangenen Bewerbungen die Nachwuchs-Minisymposien auswählen. Eine finanzielle Förderung der Teilnehmer ist nicht möglich.

From the applications received, the programme committee will select the young researchers' minisymposia. There is no financial support for the participants.

Zeitplan:

Schedule:

bis 31. Dezember 2013

Einreichung von Vorschlägen per e-mail (plain ASCII) an die Geschäftsstelle: gamm@mailbox.tu-dresden.de
Die Bewerbung besteht aus einer einseitigen Zusammenfassung, den Titeln der einzelnen Vorträge sowie der Angabe von Geburtsdatum, derzeitiger Stellung und Institution für alle Organisatoren und Vortragende.

until December 31, 2013

Submission of proposals by e-mail (plain ASCII) to the GAMM office: gamm@mailbox.tu-dresden.de
A proposal consists of a one page abstract, the titles of all lectures and information about the date of birth and the current position and affiliation of all organisers and speakers

bis 15. Februar 2014

Entscheidung über die Auswahl und Benachrichtigung aller Bewerber.

until February 15, 2014

Decision about the selection and notification of all applicants.

23. - 27. März 2015

Durchführung der ausgewählten Minisymposien.

March 23 - 27, 2015

Carrying out the nominated minisymposia.

WISSENSCHAFTLICHE VERANSTALTUNGEN

GAMM

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

Tagungsjahr 2013

GAMM Workshop on Mathematical Signal- and Image Processing

September 30 – October 2, 2013
Kurhaus Anweiler am Trifels

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

Differenzialgleichungen <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/Is2/gammFA-biomech/>

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

Computational Science and Engineering (CSE)

<http://www.uni-stuttgart.de/gamm/fa-cse>

Mathematische Signal- und Bildverarbeitung

<http://www3.math.tu-berlin.de/numerik/GAMM-MSIP/>

Uncertainty Quantification

<http://www.numhpc.org/AGUQ>

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

IUTAM

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

ECCOMAS

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

EUROMECH

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

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

NEUE HOMEPAGE FÜR GAMM-JAHRESTAGUNGEN

Ab sofort sind alle Informationen zu der aktuellen Jahrestagung zu finden unter:
<http://jahrestagung.gamm-ev.de/>

Anregungen zur besseren Navigation können gerne per E-Mail an die Geschäftsstelle der GAMM (gamm@mailbox.tu-dresden.de) gesendet werden.

The screenshot shows the website for the 85th Annual Meeting of the International Association of Applied Mathematics and Mechanics, hosted by FAU (Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg) in March 2014. The page has a green header with the GAMM logo and navigation links. A large banner features the year '2014' and the FAU logo. Below the banner, there is a 'You are here' section with a list of links: Home, GAMM Annual Meeting, GAMM General Assembly, Scientific Program, Committees, Registration, Online Registration, Important Dates, Venue, Travel & Accommodation, Social Program, Sponsors, Program Download, and Contact. A 'Welcome' message is displayed on the right, stating that the website is for the 85th Annual Meeting of GAMM hosted by FAU from March 10-14, 2014. The background of the page shows a photograph of a building.

jetzt erhältlich

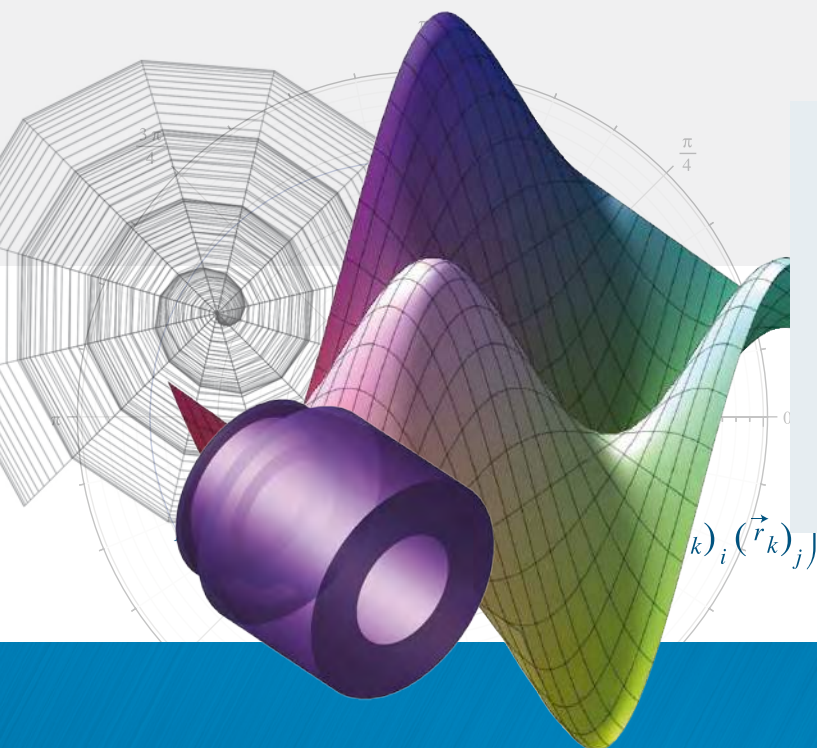
Maple™ 17

Das unerlässliche Werkzeug für Mathematik und Modellierung

Darauf vertrauen Mathematiker auf der ganzen Welt ...

Auf Maplesoft vertrauen Mathematiker seit rund 25 Jahren. Mit ihrer Kombination aus der fortschrittlichsten symbolischen Rechenengine, mächtigen numerischen Algorithmen, ausgefeilten Visualisierungswerkzeugen und intuitiven Benutzerschnittstellen bereichern Maplesoft-Produkte den Unterricht und beschleunigen die Forschung.

Maple hilft Ihnen dabei, mathematische Probleme schnell, einfach und genau zu analysieren, zu erkunden, zu visualisieren und zu lösen. Mit über 5000 Funktionen aus allen Bereichen der Mathematik bietet Maple die richtigen Werkzeuge, um alle Herausforderungen in der Mathematik zu bewältigen. Unter anderem bietet Maple jetzt neue Pakete im Bereich Signalverarbeitung und Gruppentheorie sowie stark verbesserte Paketen in der Physik und Differentialgeometrie!



Folgen Sie dem Link unten, um zu erfahren, warum sich Dozenten, Wissenschaftler und Ingenieure aus der ganzen Welt auf **MapleSim** verlassen, wenn es um physikalische Systemmodellierung geht.

Fordern Sie Ihr kostenloses Papier-Exemplar der Broschüre „Bringen Sie Leben in Ihren Unterricht“ an:

www.maplesoft.com/gamm