

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

RALF MÜLLER, DAVID SCHRÄDE
UND DIETMAR GROSS:
UNTERSUCHUNG VON GRÖSSENEFFekten
IN FERROELEKTRISCHEN MATERIALIEN FÜR
MULTIFERROISCHE KOMPOSITE

MARTIN J. GANDER UND GERHARD WANNER:
LAGRANGE-MULTIPLIKATOREN:
VON DER MECHANIK ZUR OPTIMALEN
STEUERUNG

JUNGE WISSENSCHAFTLER:
STEPHAN TRENN
FLORIAN KUMMER

RICHARD-VON MISES-PREIS 2014

2/2014

www.gamm-ev.de

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

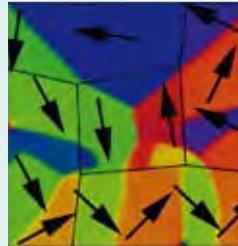
Anzeigenverwaltung
GAMM Geschäftsstelle
c/o Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Kaliske
Institut für Statik und Dynamik der
Tragwerke
Fakultät Bauingenieurwesen
Technische Universität Dresden
01062 Dresden
Tel.: ++49 (0)351 / 46333448
E-Mail: GAMM@mailbox.tu-dresden.de

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

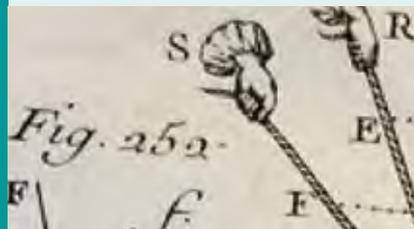
5 Ehrenmitglieder der GAMM



6 Untersuchung von Größeneffekten in ferroelektrischen Materialien für multiferroische Komposite

Ralf Müller, David Schrade und Dietmar Gross

**13 Steckbrief
Stephan Trenn**



**16 Lagrange-Multiplikatoren:
Von der Mechanik zur
Optimalen Steuerung**

Martin J. Gander und
Gerhard Wanner

**21 Steckbrief
Florian Kummer**

**24 GAMM Jahrestagung 2015 in
Lecce / Italien**

**25 GAMM Jahrestagung 2016
in Braunschweig**
von Heike Faßbender und Volker
Bach

**26 Aufruf:
Wahlen zum Vorstandsrat**

**29 Bericht über die 85.
Jahrestagung der Gesellschaft
für Angewandte
Mathematik und Mechanik
(GAMM) an der Friedrich-
Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg (FAU)**

**30 GAMM 2014 in Erlangen:
Opening Speech**
Wolfgang Ehlers

**32 Beschlussprotokoll zur
Hauptversammlung 2014**

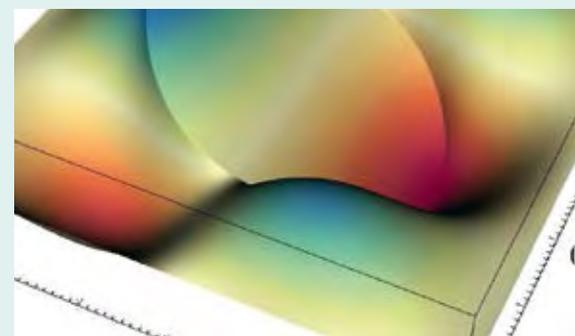
**34 Bericht des Präsidenten
Hauptversammlung
GAMM 2014**

36 Richard-von-Mises-Preis 2014

**38 Aufruf Nachwuchs-
Minisymposien**

**39 Wissenschaftliche
Veranstaltungen**

39 GAMM Juniors' Summer School





LIEBE LESERIN, LIEBER LESER,

LIEBE GAMM-MITGLIEDER,

zum 85. Mal kamen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, Doktorandinnen und Doktoranden, sowie Studierende der Angewandten Mathematik und Mechanik zusammen. In diesem Jahr fand die GAMM-Jahrestagung in Erlangen und Fürth statt, ihr Erfolg lässt sich in der wachsenden Teilnehmerzahl messen. Wir konnten uns über mehr als 1000 internationale Gäste aus 33 Ländern und über mehr als 800 nationale Teilnehmer freuen. An dieser Stelle sei den Organisatoren gedankt, die eine anregende Atmosphäre ermöglicht haben. Ein zusammenfassender Bericht von Paul Steinmann ist in dieser Ausgabe zu lesen.

Die Leitartikel dieser Ausgabe stammen von Ralf Müller, David Schrade und Dietmar Gross mit dem Titel „Untersuchung von Größeneffekten in ferroelektrischen Materialien für multiferroische Komposite“, sowie den Kollegen Martin Gander und Gerhard Wanner zum Thema „Lagrange-Multiplikatoren: Von der Mechanik zur optimalen Steuerung“.

Im ersten Fachbeitrag dieses Rundbriefs thematisieren die Autoren Größeneffekte in ferroelektrischen Materialien, was Gegenstand aktueller Forschung im Rahmen der durch die DFG geförderten Forschergruppe 1509 „Ferroische Funktionsmaterialien – Mehrskalige Modellierung und experimentelle Charakterisierung“ ist.

Im zweiten Artikel erörtern die Autoren die Verwurzelung der Anwendung Lagrange-scher Multiplikatoren zur Lösung von Optimierungsproblemen in der Mechanik und Steuerungsproblemen. Ihre heutige Relevanz wird in den Optimierungsproblemen mit partiellen Differentialgleichungen als Nebenbedingung deutlich.

In der vorliegenden Ausgabe stellen sich die Nachwuchswissenschaftler Dr.-Ing Florian Kummer, Rice University, Houston und Juniorprofessor Dr. Stephan Trenn, Technische Universität Kaiserslautern, vor.

Dr.-Ing Florian Kummer erhielt 2013 den PhD Award für seine Dissertation im Bereich der Diskontinuierlichen Galerkin-Methode für Mehrphasenströmungen. Ein Forschungsstipendium der DFG ermöglichte bereits 2013 einen einjährigen Forschungsaufenthalt in den USA, welcher sich nun in seiner Tätigkeit an der Rice University zusammen mit Prof. Tim Warburton fortsetzt.

Juniorprofessor Dr. Stephan Trenn absolvierte ein Studium der Mathematik und Informatik an der TU Ilmenau, wo er anschließend in seiner Dissertation differential-algebraische Gleichungen mit distributionellen Lösungen untersuchte. Nach einem Aufenthalt an der University of Illinois und seiner Postdoc-Zeit bei Fabian Wirth in Würzburg, ist er seit 2011 Juniorprofessor für System- und Kontrolltheorie an der TU Kaiserslautern.

Der Bericht des Präsidenten Wolfgang Ehlers zur diesjährigen Hauptversammlung ist in dieser Ausgabe zu finden. Als Preisträger des Richard-von-Mises-Preises 2014 wurde Dr. Irwin Yousept ernannt, die Laudatio hielt Stefan Ulbrich.

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 Martin Gander und Gerhard Wanner, sowie Ralf Müller, David Schrade und Dietmar Gross für ihre ansprechenden Artikel, bei Florian Kummer und Stephan Trenn für die Nachwuchswissenschaftlerportraits und bei Paul Steinmann für den ausführlichen Bericht zur diesjährigen Jahrestagung.

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

Essen und Köln im Juni 2014

Jörg Schröder und Axel Klawonn



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

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

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

Vizesekretär: **Prof. Ralf Müller**
Technische Universität Kaiserslautern,
Lehrstuhl für Technische Mechanik
Postfach 3049, 67653 Kaiserslautern

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. Josef Eberhardsteiner
Technische Universität Wien,
Institut für Mechanik der Werkstoffe und Strukturen,
Karlsplatz 13, 1040 Wien, Österreich

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

Prof. Sigrid Leyendecker
Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg
Lehrstuhl für Technische Dynamik,
Haberstraße 1, 91058 Erlangen

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

Prof. Christoph Egbers
Brandenburgische Technische Universität Cottbus
Fakultät Maschinenbau, Elektrotechnik und
Wirtschaftsingenieurwesen, Institut für Verkehrstechnik
Siemens-Halske-Ring 14, 03046 Cottbus

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. Dr. Birgit Jacob
Bergische Universität Wuppertal
Fachbereich Mathematik und Naturwissenschaften

EHRENMITGLIEDER DER GAMM

Ehrenvorsitzender

Prof. Dr. Ludwig Prandtl (1950)
† 15. August 1953

Ehrenmitglieder

Prof. Dr. Theodor von Kármán (1956)
† 7. Mai 1963

Prof. Dr. Aurel Stodola
† 25. Dezember 1942

Prof. Dr. Henry Görtler (1980)
† 31. Dezember 1987

Prof. Dr. Felix Klein (1924)
† 22. Juni 1925

Prof. Dr. Lothar Collatz (1980)
† 26. September 1990

Prof. Dr. Eric Reissner (1992)
† 1. November 1996

Prof. Dr. Klaus Kirchgässner (2011)
† 09. Juli 2011

Prof. Dr. Wolfgang Haack (1992)
† 28. November 1994

Prof. Dr.-Ing. Erwin Stein (2011)

Prof. Dr. Helmut Heinrich (1993)
† 14. Januar 1997

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Zierep (1999)

Prof. Dr. Klaus Oswatitsch (1993)
† 1. August 1993

Prof. Dr.-Ing. Oskar Mahrenholtz (1997)

Prof. Dr. Kurt Magnus (1993)
† 15. Dezember 2003

PERSONALIA

Todesfälle, wir gedenken:

Prof. Dr. rer. nat. Herbert Spreuer, Herrenberg
Prof. Gottfried Anger, Berlin
Prof. Dr. Dietrich Suschowk, Gräfelfing
DrSc. Jiri Rippl, Prag

UNTERSUCHUNG VON GRÖBENEFFekten IN FERROELEKTRISCHEN MATERIALIEN FÜR MULTIFERROISCHE KOMPOSITE

VON RALF MÜLLER, DAVID SCHRADE UND DIETMAR GROSS

Multiferroische Komposite

Die Forschergruppe 1509 „Ferroische Funktionsmaterialien“ wurde im Juli 2012 durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft eingerichtet. An der Forschergruppe sind Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus dem Bereich der Materialwissenschaft und der Mechanik beteiligt. Die interdisziplinäre Forschung beschäftigt sich mit Fragen der Synthese, Charakterisierung und mehrskaligen Modellierung von multiferroischen Materialien. Hierunter versteht man Materialien, die mindestens zwei wechselwirkende ferroische Ordnungsphänomene wie Ferroelektrizität und Ferromagnetismus aufweisen. Grundidee der Forschergruppe ist es, durch Komposite die Kopplung von magnetischen und elektrischen Feldern auf Materialebene zu optimieren. Anwendungen für diese Werkstoffe finden sich insbesondere in der Sensor- und Datenspeichertechnik.

In der Regel weisen homogene Materialien nur eine geringe magnetoelektrische Kopplung auf. Hingegen sind viele Materialien bekannt, welche eine starke elektromechanische bzw. magnetomechanische Kopplung besitzen. Zur ersten Klasse von Materialien gehören ferroelektrische Keramiken mit einer Kristallstruktur vom Perovskit-Typ. Klassische Vertreter dieser Materialklasse sind z.B. Barium-Titanat und Blei-Zirkonat-Titanat. Unter den ferromagnetischen Materialien findet sich z.B. Kobalt-Eisenoxid oder Nickel-Eisenoxid. Durch die starke elektromechanische Kopplung in den Ferroelektrika und die starke magnetomechanische Kopplung in Ferromagnetika wird im Kompositmaterial eine indirekte Kopplung von elektrischen und magnetischen Feldern über die mechanischen Felder erreicht. Dieses indirekte Arbeitsprinzip ist in Abb. 1 schematisch dargestellt.

Phasenfeldmodellierung ferroelektrischer Materialien

Neben der geometrischen Anordnung der einzelnen Materialien im Komposit spielt die Modellierung der ferroelektrischen und ferromagnetischen Materialien eine große Rolle in der Forschergruppe. Sowohl die ferroelektrische (Barium-Titanat) als auch die ferromagnetische (Kobalt-Eisenoxid) Phase besitzen innerhalb eines Korn komplexe Mikrostrukturen, sogenannte Domänenstrukturen. Diese Mikrostrukturen verändern sich unter Wirkung mechanischer und elektrischer oder magnetischer Felder. In beiden ferroischen Systemen kann die Mikrostrukturentwicklung durch einen vektorwertigen Ord-

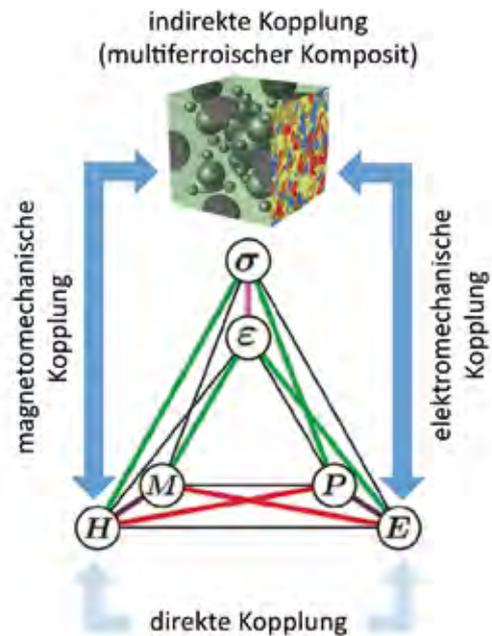


Abb. 1: Direkte und indirekte Kopplung elektrischer und magnetischer Felder im Kompositmaterial (mechanisch: Spannung σ und Verzerrung ϵ ; elektrisch: Polarisation P und elektrisches Feld E ; magnetisch: Magnetisierung M und magnetisches Feld H)

nungsparameter beschrieben werden. In der ferroelektrischen Phase wird die Polarisierung als Ordnungsparameter verwendet, während in Ferromagnetika die Magnetisierung zur Charakterisierung herangezogen wird. In beiden ferroischen Materialsystemen kommt es zur Ausbildung von Bereichen mit unterschiedlichem aber jeweils konstantem Ordnungsparameter (Domänen). Diese Domänen sind durch Grenzflächen voneinander getrennt. Damit müssen in der Gesamtenergie sowohl Volumen- als auch Grenzflächenenergien berücksichtigt werden, was einen Größeneffekt der Mikrostruktur erwarten lässt. Das Verständnis dieses Größeneffektes, der experimentell z.B. in dünnen ferroelektrischen Schichten beobachtet wird, ist damit essentiell für das Verständnis des Verhaltens des Kompositmaterials. Zu kleine ferroelektrische Partikel im Komposit lassen nur unzulängliche Polungsprozesse zu, während große Partikel eine Schädigung des Komposits begünstigen, was sich nachteilig auf das Kopplungsverhalten auswirken würde.

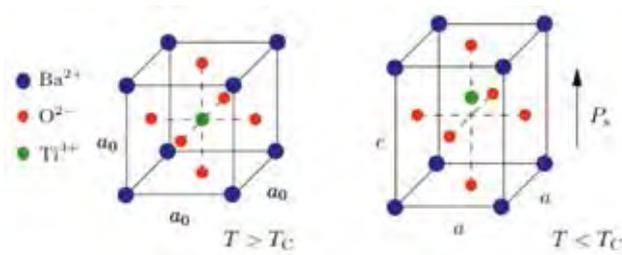


Abb. 2: Phasentransformation zwischen kubischer und tetragonaler Phase in Barium-Titanat, Entstehung von spontaner Verzerrung und spontaner Polarisation

Im Rahmen des Teilprojekts 4 werden daher Größeneffekte in ferroelektrischen Funktionskeramiken modelliert und mit Hilfe numerischer Simulationen systematisch untersucht. Als Materialsystem wird Barium-Titanat verwendet. Die Modellierung erfolgt mit einem kontinuumsmechanisch motivierten Phasenfeldmodell, siehe [1]. Das Modell basiert auf der Annahme, dass die spontane Polarisation, die in Barium-Titanat unterhalb der Curie-Temperatur auftritt, als Ordnungsparameter verwendet werden kann. Mechanisch erfährt die Elementarzelle dabei eine Transformationsverzerrung von einem kubischen in ein tetragonales Gitter, siehe Abb. 2. Innerhalb der tetragonalen Elementarzelle sind damit sechs Polarisationsrichtungen möglich, welche als Energieminima in der Energiefunktion berücksichtigt werden. Das Phasenfeldpotential ist damit nicht konvex und erlaubt die Entstehung und Entwicklung von Domänenstrukturen. Zusätzlich werden die mechanische, elektrische und elektromechanische Wechselwirkungsenergie berücksichtigt. Dies geschieht im Rahmen einer erweiterten Invariantentheorie, welche auf der Formulierung in [2] aufbaut und für das Phasenfeldmodell erweitert wurde, siehe [3]. Die Energiebeiträge der Domänen Grenzen werden über den Gradienten der Polarisation in der Gesamtenergie berücksichtigt. Ein solches Phasenfeldmodell kann auch als Regularisierung eines Modells mit scharfen Grenzflächen aufgefasst werden.

Die Entwicklung des Ordnungsparameters Polarisation folgt einer zeitabhängigen Ginzburg-Landau-Gleichung. Dabei wird die Rate der Polarisation mit der Variationsableitung der Phasenfeldenergie mittels einer Mobilität verknüpft. Die Variationsableitung wird benötigt, da die Phasenfeldenergie sowohl von der Polarisation als auch dem Gradienten der Polarisation abhängt. Diese Ableitung ist eng mit den Euler-Lagrange-Gleichungen der Variationsrechnung verknüpft. Die Evolutionsgleichung für die Polarisation kann als eine zeitliche Relaxation der Gesamtenergie durch einen verallgemeinerten Gradientenfluss (gradient flow) betrachtet werden. Alternativ dazu wurden von Gurtin thermodynamische Herleitungen für Modelle mit Ordnungsparameter vorgeschlagen, siehe [4]. Hierbei werden bei der Formulierung des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik Beiträge der inneren und äußeren Arbeit des Ordnungsparameters berücksichtigt. Zusätzlich wird eine Mikrokräftebilanz gefordert, welche die Ableitung der Evolutionsgleichung

ermöglicht. In Erweiterung der klassischen Formulierung erlaubt diese Theorie auch Quellterme in der Evolutionsgleichung sowie allgemeine Randbedingungen für den Ordnungsparameter. Die Details für die Anwendung auf das ferroelektrische Phasenfeldmodell finden sich in [5].

Die numerische Umsetzung des Phasenfeldmodells geschieht im Rahmen einer impliziten Finite Elemente (FE) Formulierung, die es erlaubt komplexe Geometrien und Randbedingungen zu berücksichtigen. Die Implementierung erfolgte im FE-Programmsystem FEAP [6], welches auch in anderen Teilprojekten der Forschergruppe 1509 zum Einsatz kommt. Die implizite Formulierung der Zeitintegration führt zu einem robusten Lösungsverhalten und erlaubt größere Zeitschritte als die üblicherweise benutzten expliziten Verfahren. Das robuste Konvergenzverhalten ist insbesondere bei der Simulation von Domänenstrukturen, welche aus einer zufälligen Anfangsverteilung der Polarisationsvektoren entstehen, von großem Vorteil. Durch ungünstige Anordnung der Polarisationsvektoren können sehr hohe innere elektrische Felder auftreten. Diese hohen inneren Felder stellen eine besondere Herausforderung bezüglich der Stabilität der Lösung dar.

Bei der numerischen Umsetzung ist zu beachten, dass neben der Grenzflächenenergiedichte ein Regularisierungsparameter eingeführt wird. Dieser kontrolliert die Breite des Übergangsbereichs zwischen zwei Domänen. Um die Gradienten in diesem Übergangsbereich hinreichend genau aufzulösen, muss die räumliche Diskretisierung hinreichend fein sein. Zur Vermeidung von numerischen Artefakten in der Lösung sind in der Regel 3 bis 5 Elemente in diesem Übergangsbereich notwendig. Dies stellt bereits im 2D hohe Anforderungen an die Computerhardware. In 3D Situationen muss häufig auf parallele Lösungsstrategien zurückgegriffen werden, um eine hinreichend feine Diskretisierung sicherzustellen. Abb. 3 zeigt eine solche 3D Simulation eines Dünnschichtsystems.

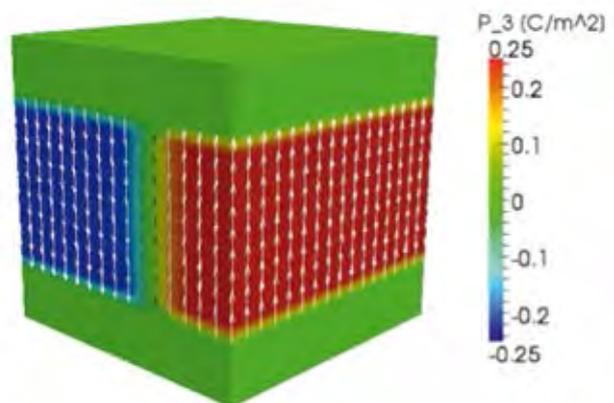


Abb. 3: 3D Simulation einer Barium-Titanat-Schicht zwischen Platin-Elektroden, Ausbildung einer 180° Domänenwand

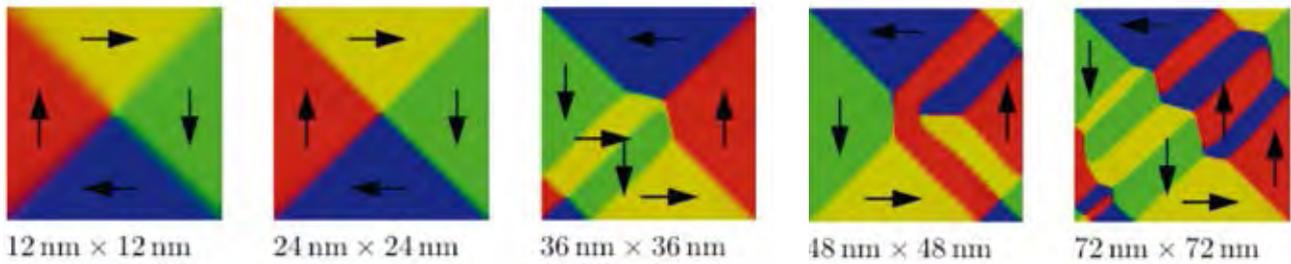


Abb. 4: Größenabhängige Domänenstrukturen im Einkristall

Größeneffekte

Das implementierte Modell dient zur Simulation und Untersuchung von Größeneffekten. Von besonderem Interesse sind dabei die Domänenstrukturen in dünnen Schichten und kleinen Einkristallen (Nanodots) sowie in polykristallinen Anordnungen. Die zeitliche Veränderung der Domänenstruktur ist maßgeblich für das Polungsverhalten verantwortlich. Diese makrosko-

pische Antwort des Domänensystems ist damit ebenfalls Gegenstand der Untersuchungen. Abb. 4 zeigt den Größeneinfluss des Gebietes auf Domänenstrukturen. Während in einem kleinen Gebiet die klassische Wirbelstruktur entsteht [7-9], bildet sich mit zunehmender Größe ein „Fischgrätenmuster“ aus. Durch die vorgeschriebene Ladungsfreiheit auf dem Rand ordnen sich die Polarisationsvektoren tangential zum Rand an. Alle

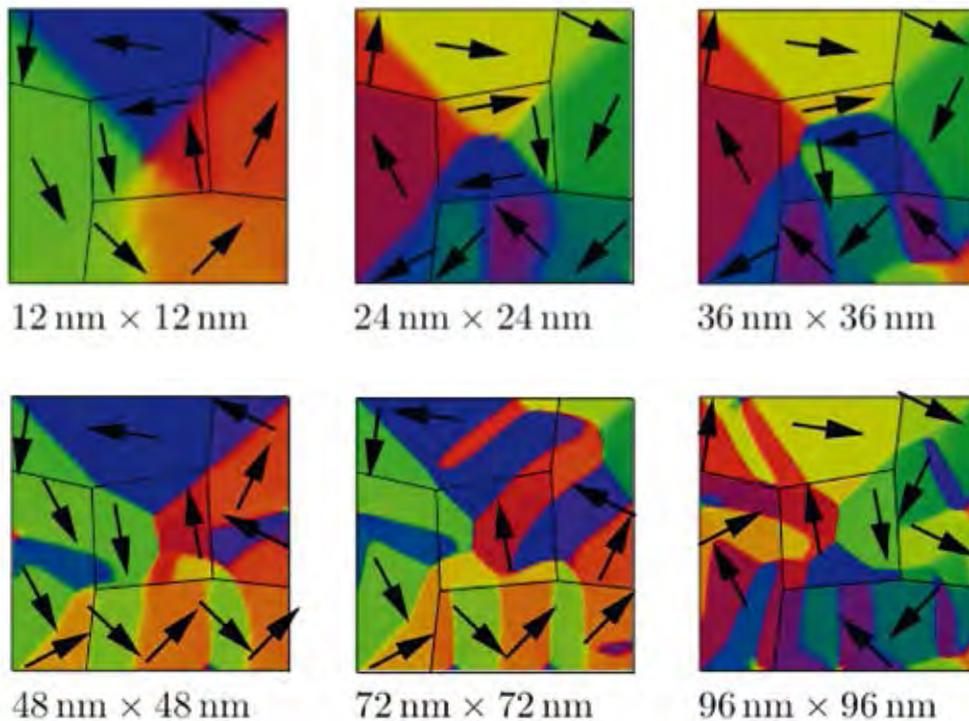


Abb. 5: Größenabhängige Domänenstrukturen in polykristalliner Anordnung

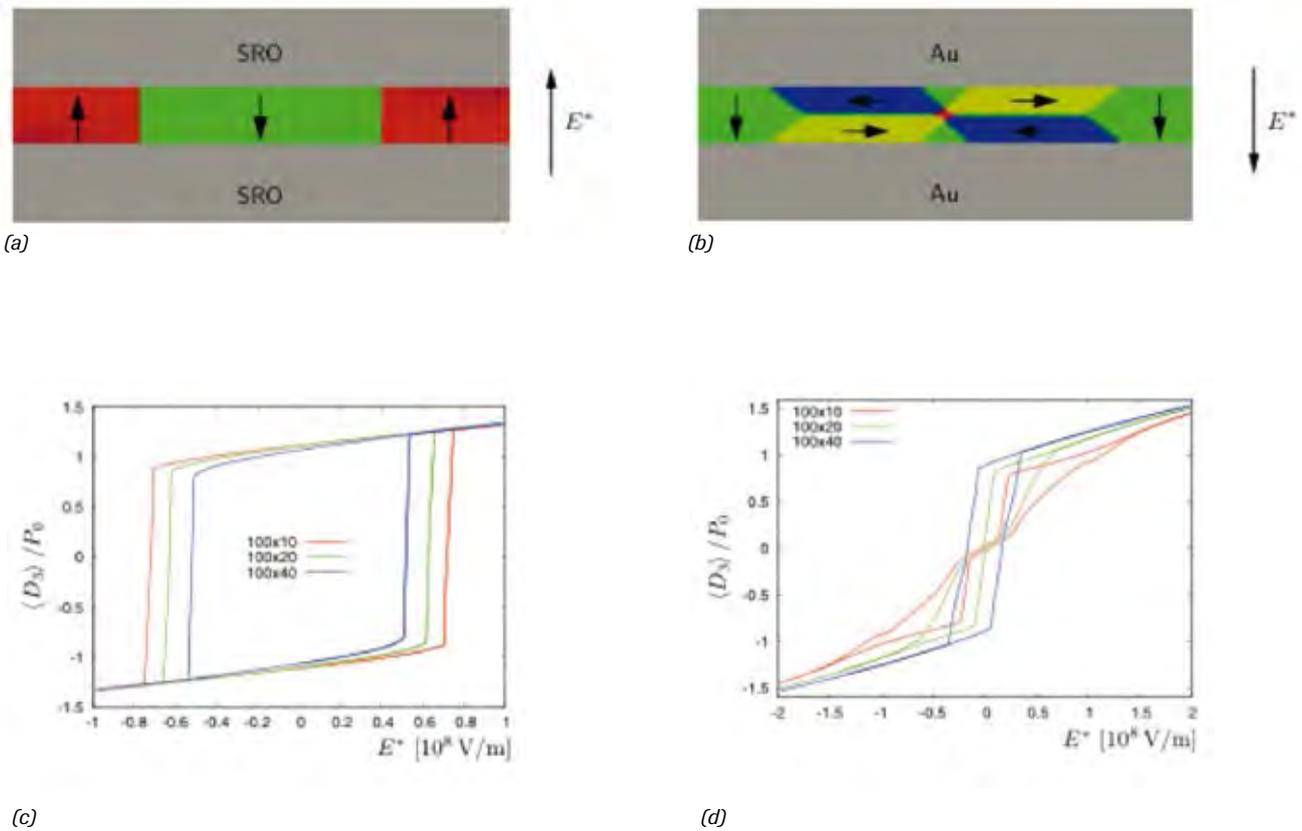


Abb. 6: Einfluss des Elektrodenmaterials (SRO: Strontium-Ruthenat, Au: Gold) und der Schichtdicke (10, 20 und 40 nm) auf die Polungsdynamik: a) 180°-Domänen, b) 90° Domänen, c) und d) dielektrische Hysteresen

dargestellten Domänenstrukturen sind aus einer zufälligen Anfangsverteilung der Polarisation entstanden. Bei einer Größe von 36 nm x 36 nm ist zu beobachten, dass sich die ersten kleineren „Gräten“ ausbilden. Mit einer weiteren Steigerung der Größe des Simulationsgebietes kommen neben 90°-Domänenwänden (Änderung des Polarisationsvektors um 90°) auch 180°-Domänenwände (Änderung des Polarisationsvektors um 180°) vor. In der Regel liegen aber insbesondere Volumenmaterialien als Polykristalle vor. Simulationen von Domänenstrukturen in einer polykristallinen Kornstruktur sind in Abb. 5 dargestellt. Wie im Einkristall wird mit einer Vergrößerung der Abmessung des Simulationsgebiets eine zunehmende Komplexität der Domänenstruktur beobachtet. Zu beachten ist, dass die Übergangsbedingun-

gen für den Ordnungsparameter an den Korngrenzen eine unterschiedlich starke Kopplung der Domänenstrukturen einzelner Körner zulassen. Eine genaue Analyse dieser Wechselwirkung ist immer noch Gegenstand aktueller Forschung. Typischerweise wird die Wechselwirkung zwischen Körnern (und Domänen) z.B. für das Auftreten von bimodalen Verteilungen von Domänenbreiten sowie von keilförmigen Domänen verantwortlich gemacht. Ein Vergleich zwischen experimentellen Befunden und Simulationsergebnissen findet sich z.B. in [10].

Abb. 6 zeigt den Einfluss des Elektrodenmaterials auf das Polungsverhalten. Während Strontium-Ruthenat aufgrund der Gitterkonstanten zu einer Kompression in der Ebene der ferroelektrischen Funktionsschicht führt, er-

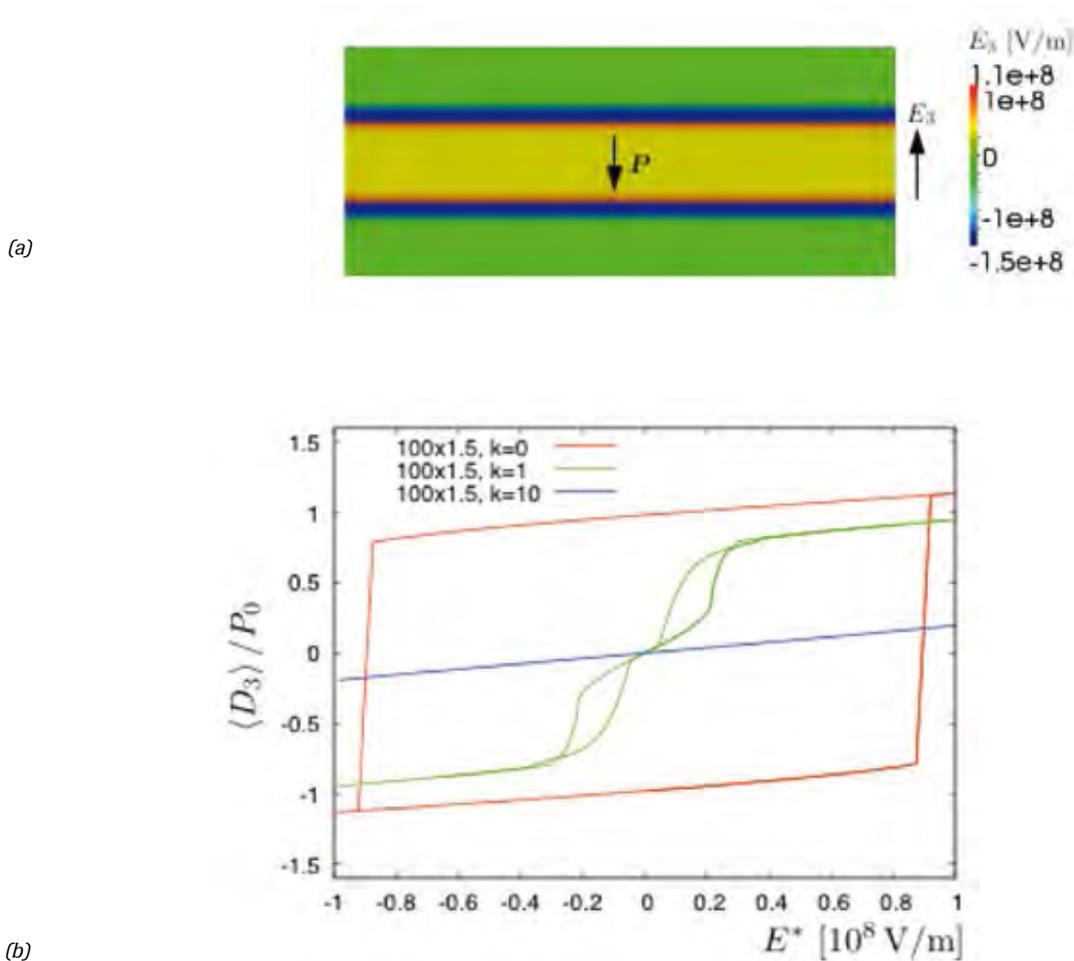


Abb. 7: Modellierung des Depolarisationsfeldes in dünnen Schichten durch Robin-Randbedingung, Elektrodenmaterial Strontium-Ruthenat: a) Schichtdicke 4nm, Robin-Parameter $k=1\text{J}(\text{m/C})^2$, b) dielektrische Hysteresen für Schichtdicke 1,5nm, Robin-Parameter $k=0,1,10\text{J}(\text{m/C})^2$

zeugen Elektroden aus Gold Zugspannungen. Dadurch wird bei Strontium-Ruthenat 180° -Schalten unterstützt, während in Dünnschichtsystemen mit Gold-Elektrode 90° -Schaltprozesse vermehrt auftreten. Dies führt dazu, dass bei Gold-Elektroden eine kleinere dielektrische Hysterese auftritt. Die Abhängigkeit dieses hysteretischen Verhaltens von der Schichtdicke ist ebenfalls in Abb. 6 gezeigt.

Ein weiterer Größeneffekt ergibt sich in dünnen Schichten durch ein von den Elektroden verursachtes Depolarisationsfeld, welches zum Teil als eine unzureichende Bereitstellung von Ladungsträgern durch die Elektrode gedeutet werden kann. Zur Modellierung dieses Phänomens kann eine Randbedingung vom sogenannten

Robin-Typ für den Ordnungsparameter benutzt werden. Dabei wird die Normalenableitung der Polarisation mit der Polarisation selbst über einen Faktor k verknüpft. Wie in Abb. 7 gezeigt, ergibt sich damit eine Randschicht, in der sich die Polarisation zur spontanen Polarisation des Volumenmaterials aufbaut. Diese Effekte sind Gegenstand aktueller Untersuchungen und werden in Zukunft in die Auslegung und Optimierung der multiferroischen Komposite eingehen.

Wechselwirkung von Rissen und Domänenstrukturen

In ferroelektrischen Keramiken treten aufgrund der Sprödigkeit dieser Materialien häufig Risse auf. So kommt es

z.B. in Stapelaktoren meist bereits beim Polungsprozess in der Herstellungsphase zu Mikrorissen. Grund hierfür ist die kammartige Elektrodenanordnung, welche inhomogene elektrische Felder im Aktor zur Folge hat. Die bruchmechanische Bewertung von Rissen in ferroelektrischen Keramiken ist aber nach wie vor schwierig. In der Literatur werden hierfür u.a. die Randbedingungen am Riss diskutiert. Es werden vier verschiedene Randbedingungen für die elektrischen Feldgrößen an den Rissflanken diskutiert. Bei dem permeablen Rissmodell wird angenommen, dass das elektrische Potential auf beiden Rissflanken identisch ist. Damit wird der Riss für das elektrische Feldproblem unsichtbar. Der andere Extremfall ist der impermeable Riss, bei dem Ladungsneutralität auf den Rissflanken angenommen wird. Eine realistischere Beschreibung wird durch das sogenannte Kondensatormodell erreicht. In diesem Ansatz werden die gegenüberliegenden Rissflanken als eindimensionaler Plattenkondensator aufgefasst, dessen Feld mit der Rissöffnung gekoppelt ist. Damit entsteht selbst bei linearer Piezoelektrizität ein nichtlineares, über die Deformation gekoppeltes Feldproblem, welches iterativ gelöst werden muss. Eine sehr genaue Beschreibung berücksichtigt auch die elektrostatischen Kräfte auf den Rissflanken. Dieses Modell wird auch als energetisch konsistent bezeichnet. Details hierzu sind in [11] zu finden. Mittels des Phasenfeldmodells konnte gezeigt werden, dass die elektrischen Randbedingungen an den Rissflanken nicht nur die makroskopischen elektrischen Felder beeinflussen, sondern sehr wichtig für die Ausbildung der Domänenstruktur sind. In der in Abb. 8 dargestellten Situation wird durch die vertikale Zugbelastung eine Ausrichtung der tetragonalen Elementarzellen in vertikale Richtung favorisiert. Für den permeablen Riss kann diese Ausrichtung homogen erreicht werden, da keine Störungen der elektrischen Felder am Riss vorliegen. Wird hingegen angenommen, dass die Rissflanken ladungsfrei sind, zwingt diese Randbedingung die Polarisationsvektoren dazu, sich tangential zu den Rissflanken anzuordnen. Es kommt zur Ausbildung einer komplexen Domänenstruktur, in der sich nur vor der Rissspitze die Elementarzelle gemäß der äußeren mechanischen Last ausrichten. Das komplexe Wechselspiel zwischen Riss und Domänenstruktur könnte die Ursache für die zum Teil widersprüchlichen Aussagen in der Literatur zum Einfluss des elektrischen Feldes auf die mechanische Bruchzähigkeit sein, siehe z.B. [12-14].

Ausblick

Die Phasenfeldmethode ist in der Lage Größeneffekte und komplexe Domänenanordnungen, wie sie an Rissspitzen beobachtet werden, zu beschreiben. Die Si-

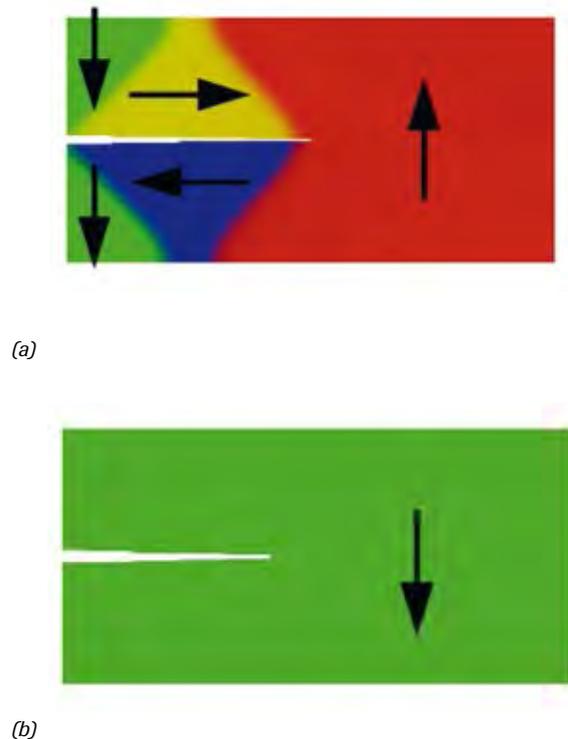


Abb. 8: Domänenstrukturen an Rissen bei mechanischer Zugbelastung in vertikale Richtung: a) permeabler Riss, b) impermeabler Riss

mulationen haben gezeigt, dass die Erklärung des Polungsverhaltens dünner Schichten nur durch die Berücksichtigung des Elektrodenmaterials möglich ist. Neben den elektrischen Effekten spielt die mechanische Verspannung eine wichtige Rolle. Die Einbeziehung der mechanischen und elektrischen Randbedingungen erlaubt die Analyse des hysteretischen Verhaltens. Die Anwendung auf polykristalline Systeme stellt sowohl bezüglich des numerischen Aufwandes als auch bezüglich der Modellierung neue Herausforderungen dar. Insbesondere im 3D erfordert der hohe Diskretisierungsaufwand parallele Algorithmen. Während für die Übergangsbedingungen der elektrischen und der mechanischen Felder sinnvolle Annahmen getroffen werden können, sind die Übergangsparameter für den Ordnungsparameter Polarisation unklar. Es kann z.B. durch die Kontinuität des Ordnungsparameters über die Korngrenzen hinweg eine starke Kopplung der Körner untereinander erzwungen werden. Ein Entkoppeln der Ordnungsparameter auf der Korngrenze führt zu einer wesentlich geringeren Beeinflussung der Körner untereinander. Der Einfluss der unterschiedlichen Übergangsbedingungen auf die Domänenstruktur und das makroskopische Polungsverhalten ist Gegenstand aktueller Forschung.

Danksagung

Die Autoren danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die finanzielle Unterstützung im Rahmen der Forschergruppe 1509 „Ferroische Funktionsmaterialien - Mehrskalige Modellierung und experimentelle Charakterisierung“.

Literatur

- [1] D. Schrade, R. Mueller, B.X. Xu, D. Gross: Domain evolution in ferro-electric materials: A continuum phase field model and finite element implementation, *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.* 196, 4365–4374, 2007.
- [2] J. Schröder, D. Gross: Invariant formulation of the electromechanical enthalpy function of transversely isotropic piezoelectric materials, *Arch. Appl. Mech.* 73/8, 533-552, 2004.
- [3] D. Schrade, R. Müller, D. Gross, M.-A. Keip, H. Thai, J. Schröder: An invariant formulation for phase field models in ferroelectrics, *Internat. J. Solids Struct.* 51/11-12, 2144-2156, 2014.
- [4] M. E. Gurtin: Generalized Ginzburg-Landau and Cahn-Hilliard equations based on a micro force balance, *Phys. D Nonlinear Phenom.* 92/3-4, 178-192, 1996.
- [5] D. Schrade, R. Müller, D. Gross: On the physical interpretation of material parameters in phase field models for ferro-electrics, *Arch. Appl. Mech.* 83/10, 1393-1413, 2013.
- [6] FEAP (Finite Element Analysis Program V8.4), link www.ce.berkeley.edu/feap
- [7] B. J. Rodriguez, X. S. Gao, L. F. Liu, W. Lee, I. I. Naumov, A. M. Bratkovsky, D. Hesse, M. Alexe: Vortex Polarization States in Nanoscale Ferroelectric Arrays, *Nano Lett.* 9/3, 1127-1131, 2009.
- [8] W. J. Chen, Y. Zheng, B. Wang: Vortex Domain Structure in Ferroelectric Nanoplatelets and Control of its Transformation by Mechanical Load, *Scientific Reports* 2 796, 1-8, 2012.
- [9] A. Gruverman, D. Wu, H.-J. Fan, I. Vrejoiu, M. Alexe, R. J. Harrison, J. F. Scott: Vortex ferroelectric domains, *J. Phys. Condensed Matter* 20/4, 342201, 2008.
- [10] L. A. Schmitt, D. Schrade, H. Kungl, B.-X. Xu, R. Müller, M. J. Hoffmann, H.-J. Kleebe, H. Fuess: Bimodal domain configuration and wedge formation in tetragonal $\text{Pb}[\text{Zr}_{1-x}\text{Ti}x]\text{O}_3$ ferroelectrics, *Comp. Mat. Sci.* 81, 123-132, 2013.
- [11] C. M. Landis: Energetically consistent boundary conditions for electromechanical fracture, *Internat. J. Solids Struct.* 41, 6291-6315, 2004.
- [12] H. Wang, R. N. Singh: Crack propagation in piezoelectric ceramics: Effects of applied electric fields, *J. Appl. Phys.* 81, 7471, 1997.
- [13] S.B. Park, C.T. Sun: Effect of electric field on fracture of piezoelectric ceramics, *Internat. J. Fracture* 70/3, 203-216, 1995.
- [14] Y. Jiang, Y. Zhang, B. Liu, D. Fang: Study on crack propagation in ferroelectric single crystal under electric loading, *Acta Materialia* 57, 1630-1638, 2009.



Ralf Müller, Prof. Dr.-Ing. ist seit 2009 Professor für Technische Mechanik an der Technischen Universität in Kaiserslautern. Seine Arbeitsgebiete sind unter anderem mehrskalige Materialmodellierung, gekoppelte Mehrfeldprobleme, Defekt- und Mikromechanik. Er beschäftigt sich im Rahmen numerischer Verfahren mit Randelemente- und Finite-Elemente-Methoden. Ralf Müller studierte Maschinenbau und Mechanik an der Technischen Universität Darmstadt und promovierte dort 2001. Nach einer Juniorprofessur und Habilitation im Jahr 2005 an der Technischen Universität Darmstadt leitet er seit 2009 den Lehrstuhl für Technische Mechanik im Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik der Technischen Universität Kaiserslautern.

David Schrade, Dr.-Ing. ist seit 2012 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Technische Mechanik an der Technischen Universität in Kaiserslautern. Im Rahmen des Teilprojektes P4 der Forschergruppe 1509 „Ferroische Funktionsmaterialien - Mehrskalige Modellierung und experimentelle Charakterisierung“ beschäftigt er sich mit Phasenfeldmethoden für Ferroelektrika. David Schrade studierte Bauingenieurwesen und Mechanik an der Technischen Universität Darmstadt. Nach einer Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter in Darmstadt promovierte er 2011 an der Technischen Universität Kaiserslautern.



Dietmar Gross, Prof. Dr.-Ing., studierte Angewandte Mechanik und promovierte an der Universität Rostock. Er habilitierte an der Universität Stuttgart und ist seit 1976 Professor für Mechanik an der Technischen Universität Darmstadt; 2007 wurde er vom aktiven Dienst entpflichtet. Seine Arbeitsgebiete sind unter anderem die Festkörper- und Strukturmechanik sowie die Bruchmechanik. Hierbei ist er auch mit der Modellierung mikromechanischer Prozesse befasst. Er ist Mitherausgeber mehrerer internationaler Fachzeitschriften sowie Autor zahlreicher Lehr- und Fachbücher.

Jun.-Prof. Dr. Stephan Trenn studierte Mathematik (Diplom 2004) und Informatik (Diplom 2006) an der Technischen Universität Ilmenau. Dort promovierte er bei Achim Ilchmann zum Thema differential-algebraischer Gleichungen mit distributionellen Lösungen und schloss die Promotion im Jahr 2009 mit dem Prädikat *summa cum laude* ab. Nach einem einjährigen Forschungsaufenthalt bei Daniel Liberzon (University of Illinois, Urbana-Champaign, USA), war Herr Trenn von ~2010 bis ~2011 als Postdoc bei Fabian Wirth (Universität Würzburg). Diese Stelle wurde durch das DFG-Projekt „Zeitvariante und geschaltete differential-algebraische Gleichungen“ finanziert, welche Herr Trenn maßgeblich mitbeantragt hatte. Seit 2011 ist er Juniorprofessor für System- und Kontrolltheorie an der Technischen Universität Kaiserslautern; dort ist er auch eingebunden in die Forschungsaktivitäten des Fraunhofer Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik.

Der aktuelle Forschungsschwerpunkt von Herrn Trenn lässt sich an einem einfachen elektrischen Schaltkreis bestehend aus einer Spannungsquelle, einer Spule und einem Schalter, siehe Abbildung 1(a), motivieren. Solange der Schalter geschlossen ist, wächst der Strom durch die Spule gemäß Induktionsgesetz linear und ein Öffnen des (ideellen) Schalters erzwingt einen sofortigen Sprung des Stroms auf Null, siehe Abbildung 1(b). Das Induktionsgesetz gilt auch während des Schaltvorgangs, d.h. der Spannungsabfall über der Spule, der proportional zur Ableitung des Stromes durch die Spule ist, muss die Ableitung eines Sprunges enthalten. Dies ist mathematisch nur möglich, wenn man beim Lösungsbegriff zu Distributionen (verallgemeinerten Funktionen) übergeht; die Spannung springt zum Schaltpunkt also nicht nur, sondern enthält auch noch den Dirac-Impulse, siehe Abbildung 1(c). Physikalisch lässt sich ein Dirac-Impulse in der Spannung als Spannungsblick interpretieren. Dies ist nicht nur ein mathematisches Artefakt, sondern das Phänomen wird bereits im Physikschulunterricht mit Hilfe des Funkeninduktors illustriert (Abbildung 2) und findet bis heute Anwendung z.B. in Zündkerzen. Aus dem obigen Beispiel kann man zunächst folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Selbst einfachste elektrische Schaltkreise haben keine klassischen Lösungen.
- Sprünge und Dirac-Impulse ergeben sich vollständig aus den Eigenschaften der (ideellen) Bauelemente, keine weiteren Argumente oder physikalischen Prinzipien (z.B. Energieminimierung) wurden genutzt.
- Neben den Differentialgleichungen spielen die algebraischen Bedingungen (im Beispiel: Strom gleich Null, wenn Schalter geöffnet) eine entscheidende Rolle.
- Das Zusammenspiel von differential-algebraischen Gleichungen (DAEs) und Schaltvorgängen führt zu Modellen, die durch geschaltete DAEs (switched DAEs) beschrieben werden können. Obwohl das obige Beispiel zeigt, dass

diese Beschreibung seit Langem relevante physikalische Erscheinungen modelliert, wurden geschaltete DAEs bis vor kurzen mathematisch nicht untersucht. Herr Trenn hat in den letzten Jahren dieses Feld in den Fokus der Systemtheorie gerückt und hat mit seinen Arbeiten einen wesentlichen Beitrag zum mathematischen Verständnis von geschalteten DAEs geleistet [1].

Der wesentliche Durchbruch bei der Behandlung von geschalteten DAEs war die Einführung der stückweise glatten Distributionen als Lösungsraum in der Dissertation von Herrn Trenn [3].

Die Einführung eines geeigneten Unterraums der Distributionen ist notwendig, denn um geschaltete DAEs zu behandeln, muss entweder eine Einschränkung von Distributionen auf Intervalle oder eine Multiplikation von Distributionen mit stückweise glatten Funktionen definiert sein. Man kann zeigen, dass beides für allgemeine Distributionen unmöglich ist.

Eine große mathematische Herausforderung ist die Untersuchung von nichtlinearen geschalteten DAEs, denn die Anwendung

von beliebigen Funktionen auf Distributionen ist nicht definiert (was ist z.B. der Sinus vom Dirac-Impuls?). Eine wichtige Anwendung für nichtlineare geschaltete DAEs ist die Modellierung und Stabilisierung des Energienetzwerkes. Die nichtlinearen Energieflussgleichungen zusammen mit den Generatordynamiken führen zu einer nichtlinearen DAE und Ausfälle oder Vom-Netz-Nehmen von Generatoren führen zu Schaltvorgängen. Um Effekte dieser Schaltvorgänge zu berücksichtigen ist es notwendig das Energienetz als geschaltete nichtlineare DAE zu modellieren. Erste Stabilitätsuntersuchungen für nichtlineare geschaltete DAEs hat Herr Trenn bereits durchgeführt [4], allerdings steht eine allgemeine distributionelle Lösungstheorie noch aus.

Ein weiteres Forschungsgebiet von Herrn Trenn ist die nichtlineare Regelungstheorie, insbesondere der sogenannte Funnel-Controller. Der Funnel-Controller wird für die Trajektorienfolgeregelung genutzt, ohne dass

STECKBRIEF



das zu regelnde System genauer bekannt ist. Die wesentliche Annahme ist die Kenntnis des Relativgrades (in den früheren Arbeiten die Relativgrad-Eins-Annahme). Die Idee des Funnel-Controllers ist sehr anschaulich: Zunächst gibt der Anwender einen zulässigen (zeitvarianten) Fehlerbereich vor (den Funnel, siehe Abbildung 3(a)) und wann immer der Fehler (zwischen tatsächlichen Systemausgang und gewünschten Ausgang) dem Funnelrand zu nahe kommt, wird die Fehlerrückführung verstärkt. In der Praxis hat man vorgegebene Stellgrößenbeschränkungen oder sogar nur zwei mögliche Werte (An und Aus, Bang-Bang-Regelung) und der Regler reduziert sich dann zu einer Schaltlogik, siehe Abbildung 3(b). Herr Trenn konnte zeigen, unter welchen Voraussetzungen ein solcher Bang-Bang-Funnel-Controller funktioniert, sogar für

beliebig hohen Relativgrad [5]. Hervorzuheben ist hier, dass die konstruierte Schaltlogik nur vom Relativgrad des Systems abhängt, weitere Kenntnisse vom System werden für den Entwurf nicht benötigt.

Seit 2011 ist Herr Trenn Associate Editor bei der Zeitschrift „Systems & Control Letters“; er ist im Editorial Board der Springer-Buchserie „Differential-Algebraic Equations Forum“. In der GAMM ist Herr Trenn seit 2006 durch Teilnahme an den Jahrestagungen aktiv, insbesondere war er Sektionsleiter (2012) und Minisymposiaorganisator (2012, 2013, 2015); weiterhin ist er regelmäßiger Teilnehmer der halbjährigen Workshops des GAMM-Fachausschusses „Dynamik und Regelung“, und Herr Trenn hat ein solches Treffen 2013 in Kaiserslautern ausgerichtet.

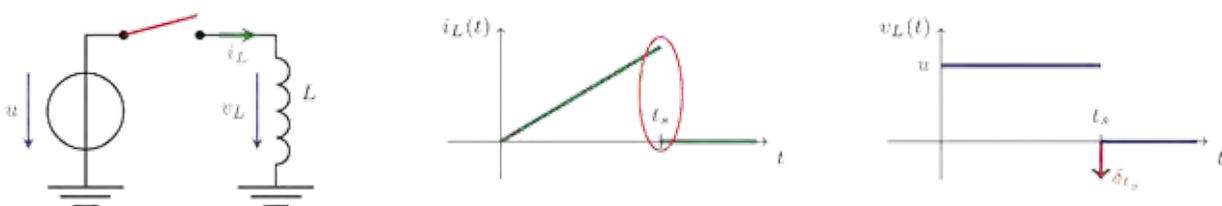


Abb. 1: Beispiel für impulsives Verhalten in elektrischen Schaltkreisen
(a) Einfacher elektrischer Schaltkreis. (b) Stromverlauf.

(c) Spannungsverlauf.

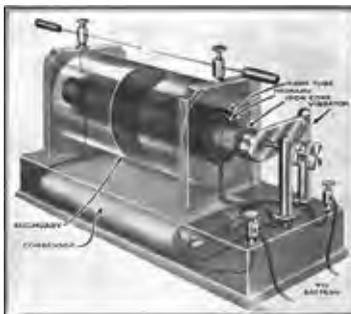


Abb. 2: Historischer Funkeninduktor,
Quelle: Wikimedia Commons

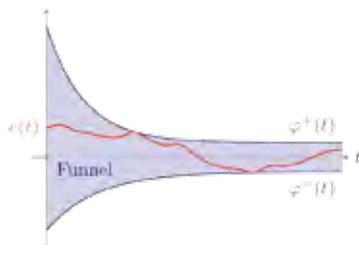
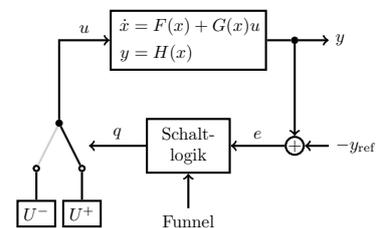


Abb. 3: Der Bang-Bang-Funnel-Controller.

(a) Der Funnel: Eine zeitvariante Fehlerschranke. (b) Regelkreis für den Bang-Bang-Funnel-Controller.



Literatur

- [1] S. Trenn. „Switched differential algebraic equations“. In: Dynamics and Control of Switched Electronic Systems - Advanced Perspectives for Modeling, Simulation and Control of Power Converters. Hrsg. von F. Vasca und L. Iannelli. London: Springer-Verlag, 2012. Kap. 6, S. 189–216.
- [2] S. Trenn. „Distributional differential algebraic equations“. Diss. Universitätsverlag Ilmenau, Ilmenau, Germany: Institut für Mathematik, Technische Universität Ilmenau, 2009. url: <http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=13581>.
- [3] D. Liberzon und S. Trenn. “Switched nonlinear differential algebraic equations: Solution theory, Lyapunov functions, and stability”. In: Automatica 48.5 (2012), S. 954–963.
- [4] D. Liberzon und S. Trenn. “The bang-bang funnel controller for uncertain nonlinear systems with arbitrary relative degree”. In: IEEE Trans. Autom. Control 58.12 (2013), S. 3126–3141.

Kontakt

Jun.-Prof. Dr. Stephan Trenn
AG Technomathematik, Fachbereich Mathematik
Technische Universität Kaiserslautern
Email: trenn@mathematik.uni-kl.de
Webseite: research.stephantrenn.de

RUNDBRIEF READERS

Save 30% on these SIAM titles:

Programming Projects in C for Students of Engineering, Science, and Mathematics

Rouben Rostamian

Computational Science and Engineering 13

Like a pianist who practices from a book of études, readers of *Programming Projects in C for Students of Engineering, Science, and Mathematics* will learn by doing. Written as a tutorial on how to think about, organize, and implement programs in scientific computing, this book achieves its goal through an eclectic and wide-ranging collection of projects. Each project presents a problem and an algorithm for solving it. The reader is guided through implementing the algorithm in C and compiling and testing the results. It is not necessary to carry out the projects in sequential order.

2014 • xvi + 393 pages • Softcover • 978-1-611973-49-5 • See Web page for pricing • CS13

Available
August

Iterative Methods for Linear Systems: Theory and Applications

Maxim A. Olshanskii and Eugene E. Tyrtyshnikov

This is a mathematically rigorous introduction to fundamental iterative methods for systems of linear algebraic equations. The book distinguishes itself from other texts on the topic by providing a straightforward yet comprehensive analysis of the Krylov subspace methods, approaching the development and analysis of algorithms from various algorithmic and mathematical perspectives, and going beyond the standard description of iterative methods by connecting them in a natural way to the idea of preconditioning.

2014 • xvi + 247 pages • Softcover • 978-1-611973-45-7 • List \$85.00 • Rundbrief Reader \$59.50 • OT138

Lectures on Stochastic Programming: Modeling and Theory, Second Edition

Alexander Shapiro, Darinka Dentcheva, and Andrzej Ruszczyński

MOS-SIAM Series on Optimization

This book focuses on optimization problems involving uncertain parameters and covers the theoretical foundations and recent advances in areas where stochastic models are available. The authors introduce new material to reflect recent developments in stochastic programming, including an analytical description of the tangent and normal cones of chance constrained sets; analysis of optimality conditions applied to nonconvex problems; a discussion of the stochastic dual dynamic programming method; and in-depth analysis of dynamic risk measures and concepts of time consistency, including several new results.

2014 • xviii + 494 pages • Hardcover • 978-1-611973-42-6 • List \$125.00 • Rundbrief Reader \$87.50 • MO16

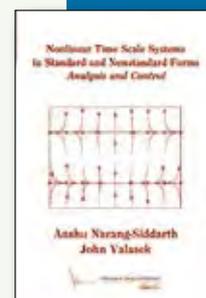
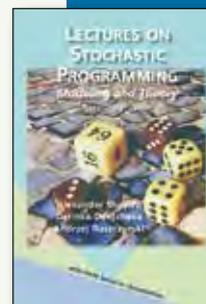
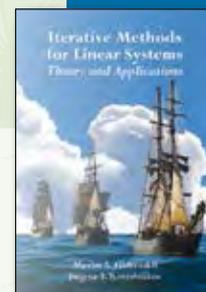
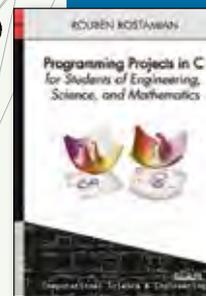
Nonlinear Time Scale Systems in Standard and Nonstandard Forms: Analysis and Control

Anshu Narang-Siddarth and John Valasek

Advances in Design and Control 26

This book introduces key concepts for systematically controlling engineering systems that possess interacting phenomena occurring at widely different speeds. The aim is to present the reader with control techniques that extend the benefits of model reduction of singular perturbation theory to a larger class of nonlinear dynamical systems. New results and relevant background are presented through insightful examples that cover a wide range of applications from different branches of engineering.

2014 • xvi + 219 pages • Hardcover • 978-1-611973-33-4 • List \$94.00 • Rundbrief Reader \$65.80 • DC26



siam SOCIETY FOR INDUSTRIAL AND APPLIED MATHEMATICS

TO ORDER, SHOP ONLINE AT bookstore.siam.org.

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. BKGMI4, 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 "BKGMI4" to get
special discount price.

ORDER ONLINE:
BOOKSTORE.SIAM.ORG

6/14_1

LAGRANGE-MULTIPLIKATOREN: VON DER MECHANIK ZUR OPTIMALEN STEUERUNG

VON MARTIN J. GANDER UND GERHARD WANNER

Die Theorie der Optimierung mit Nebenbedingungen und optimalen Steuerung umspannt bereits drei Jahrhunderte, und ist, dank modernster Hochleistungsrechner, mit der Lösbarkeit von Optimierungsproblemen mit partiellen Differentialgleichungen als Nebenbedingungen wieder ins Zentrum der Forschung gerückt. Woher kommen aber die grundlegenden Techniken, welche es erlauben, solch komplizierte und wichtige Probleme der Wissenschaft und des Ingenieurwesens zu lösen? Wir zeigen in dieser Arbeit, wie die Lagrange-Multiplikatoren, welche es auf eleganteste Weise erlauben, die notwendigen Bedingungsgleichungen der Optimalität solcher Lösungen herzuleiten, ihre Wurzeln in der Mechanik haben.

1 Mechanik

Die Methode der Multiplikatoren geht zurück auf Lagrange's *Mécanique analytique*, die zuerst 1788 erschien, und als verbesserte Zweitaufgabe in den Jahren 1811/15. Lagrange gibt, in einer langen Einleitung, als Quellen u.a. Arbeiten von *Archimedes*, *Pappus* und *Varignon* an, welche sich vor allem auf die Statik konzentrierten.

Die Hauptidee ist das *Prinzip der virtuellen Geschwindigkeiten*, welches in einem Brief von Joh. Bernoulli an Varignon aus dem Jahre 1715 erklärt wird. Eine Erweiterung dieses Prinzips führte Lagrange dann zu der grossen Erfindung der *Methode der Multiplikatoren*.

1.1 Virtuelle Geschwindigkeiten

“Votre projet d'une nouvelle mécanique fourmille d'un grand nombre d'exemples, dont quelques uns à en juger par les figures paroissent assez compliqués; mais je vous deffie de m'en proposer un à votre choix, que je ne resolve sur le champ et comme en jouant par ma dite regle.” (Joh. Bernoulli in seinem Brief von 1715 an Varignon)

Varignons Hauptwerk war seine *Nouvelle Mécanique*, erschienen posthum 1725, an welcher er, wie er angibt, seit 1687 gearbeitet hatte und wo er an hunderten von Beispielen aufzeigte, wie man Probleme der Statik lösen kann (siehe seine Abb. 1 für das Beispiel Nummer 253).

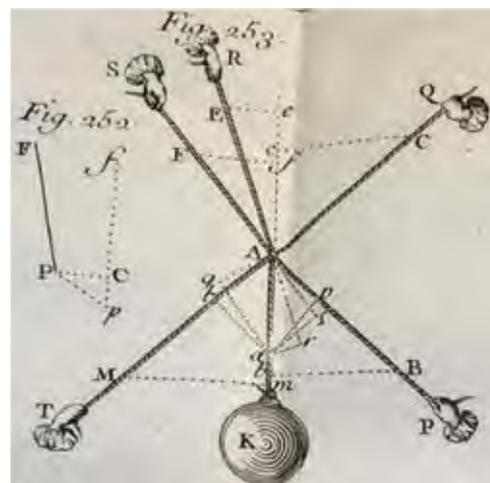


Abb. 1: Beispiel 253 von Varignons *Nouvelle Mécanique*

Als die Arbeit fast fertig war, erhielt er einen Brief von Joh. Bernoulli, in dem dieser erklärte, dass er alle solchen Probleme spielend leicht lösen könne (“comme en jouant”, siehe obiges Zitat). Man brauche nur eine einzige Regel zu kennen, die Regel der *virtuellen Geschwindigkeiten*.

Joh. Bernoulli, und später auch Lagrange (von dem wir genau die Notation übernehmen), beginnt seine Erklärung mit dem Beispiel des Archimedischen Hebelgesetzes (siehe Abbildung 2):

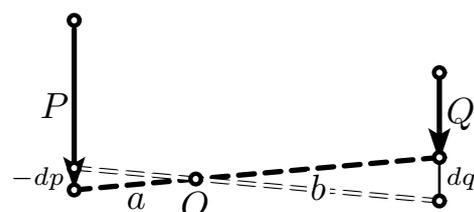


Abbildung 2: Idee der virtuellen Geschwindigkeiten

Damit der bei O aufgelegte Balken im Gleichgewicht ist, müssen gemäss Archimedes die beiden Kräfte P und Q umgekehrt proportional zu den Längen a und b sein. Denken wir uns nun das mechanische System einer virtuellen Geschwindigkeit¹ ausgesetzt über eine kurze Zeitspanne, dann werden sich die Balkenenden um kleine Distanzen dp und dq verschieben. Diese Verschiebungen sind wiederum proportional zu a und b , und das Resultat von Archimedes wird somit, unter Berücksichtigung der Vorzeichen,

$$\frac{P}{Q} = \frac{b}{a} = -\frac{dq}{dp} \quad \text{oder} \quad Pdp + Qdq = 0.$$

Bernoulli hatte nun die geniale Intuition, dass man das Gesetz in dieser Form auf *beliebige* Apparaturen ausdehnen kann: denken wir uns zwei gekoppelte Balken (siehe Abb. 3) mit drei Kräften² P, Q, R . Wir zerlegen Q in $Q' + Q''$ und verlangen Gleichgewicht auf beiden Seiten: $Pdp + Q'dq = 0$ und $Q''dq + Rdr = 0$. Durch Addition ergibt sich

$$Pdp + Qdq + Rdr = 0, \quad (1)$$

und wir brauchen nur mehr "+etc." hinzuzufügen (siehe oberes Bild in Abb. 6) und haben das allgemeine Gesetz für *alle* Situationen.

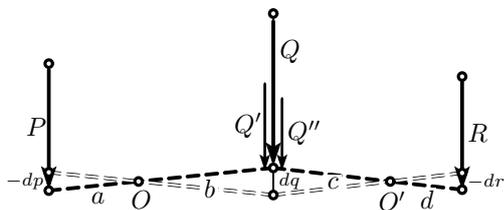


Abb. 3: Eine kompliziertere Apparatur

Beispiel. Lagrange führt die Rechnung ausführlich am Beispiel 253 von Varignon vor (siehe Abb. 4):

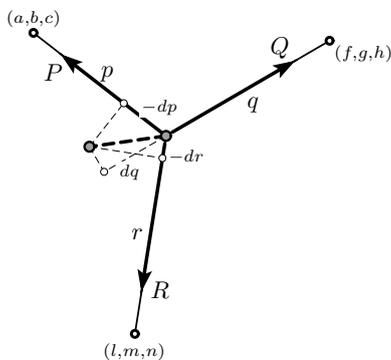


Abb. 4: Ein Massenpunkt, von 3 Kräften im Gleichgewicht gehalten

¹ Bernoulli schrieb "vitesse virtuelle", so kam Bewegung in die knöchernen Statik
² die Notation ist wieder genau wie bei Lagrange, aber nicht die Figur, welche Lagrange verpönte

ein Massenpunkt wird von drei Kräften P, Q, R an fixierten Punkten $(a, b, c), (f, g, h), (l, m, n)$ im Gleichgewicht gehalten. Wir rechnen dann die Gleichung (1) auf kartesische Koordinaten um: mit

$$p = \sqrt{(x-a)^2 + (y-b)^2 + (z-c)^2},$$

$$dp = \frac{1}{p} \cdot ((x-a)dx + (y-b)dy + (z-c)dz),$$

und ähnlichen Ausdrücken für dq, dr , erhalten wir

$$Xdx + Ydy + Zdz = 0 \quad (2)$$

mit

$$X = P \frac{x-a}{p} + Q \frac{x-f}{q} + R \frac{x-l}{r},$$

$$Y = P \frac{y-b}{p} + Q \frac{y-g}{q} + R \frac{y-m}{r} \quad \text{und}$$

$$Z = P \frac{z-c}{p} + Q \frac{z-h}{q} + R \frac{z-n}{r}.$$

Weil der Massenpunkt hier völlig frei ist, sind dx, dy und dz beliebig³, und somit sind die Bedingungsgleichungen für Gleichgewicht $X=0,$
 $Y=0,$
 $Z=0.$

1.2 Die Multiplikatorenmethode

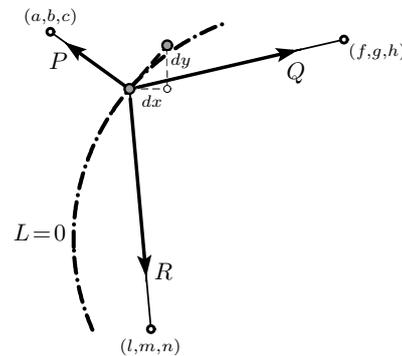


Abb. 5: Gleichgewicht mit Nebenbedingung

Nehmen wir nun an, dass der Massenpunkt sich nicht mehr frei, sondern nur auf einer Oberfläche $L = 0$ bewegen kann, siehe Figur 5. Dann sind die infinitesimalen Variationen dx, dy, dz nicht mehr unabhängig, sondern auf den Tangentialraum von $L = 0$ beschränkt, und es muss somit gelten

$$dL = \frac{\partial L}{\partial x} dx + \frac{\partial L}{\partial y} dy + \frac{\partial L}{\partial z} dz = 0. \quad (4)$$

Zusammen mit der früheren Bedingung (2) haben wir somit ein lineares System von zwei Gleichungen für die drei Parameter $dx, dy,$ und dz , wo man durch Elimination⁴ dp, dq und dr waren nicht unabhängig im Gleichgewichtspunkt.

⁴ Lagrange: "Il n'est pas difficile de prouver par la théorie

z.B. den Term dz entfernen kann, indem man (4) mit der geeigneten Konstanten $\lambda = -Z/\frac{\partial L}{\partial z}$ multipliziert, und dann zu (2) addiert,

$$\left(X + \lambda \frac{\partial L}{\partial x}\right) \cdot dx + \left(Y + \lambda \frac{\partial L}{\partial y}\right) \cdot dy = 0, \quad Z + \lambda \frac{\partial L}{\partial z} = 0.$$

Hier sind dx und dy unabhängig, d.h. die entsprechenden Koeffizienten müssen verschwinden, also muss

$$X + \lambda \frac{\partial L}{\partial x} = 0, \quad Y + \lambda \frac{\partial L}{\partial y} = 0, \quad Z + \lambda \frac{\partial L}{\partial z} = 0 \quad (5)$$

erfüllt sein. Diese schön symmetrischen Gleichungen bedeuten aber, dass wir das Prinzip der virtuellen Geschwindigkeiten einfach ohne Nebenbedingung auf das System

$$X dx + Y dy + Z dz + \lambda dL = 0 \quad (6)$$

angewendet haben! Für weitere Nebenbedingungen fügt man einfach weitere Terme hinzu, siehe Abbildung 6.

$$P dp + Q dq + R dr + \dots = 0,$$

formule générale de l'équilibre d'un

$$P dp + Q dq + R dr + \dots + \lambda dL + \mu dM + \dots + dN + \dots = 0,$$

Abb. 6: Bernoullis Regel in Lagrange 1788 (oben); Lagranges "équation générale" für alle Gleichgewichtsprobleme (unten)

Diese Erfindung nannte Lagrange "Méthode très-simple" im Kapitel IV der ersten Ausgabe der *Mécanique analytique* von 1788. 23 Jahre später, in der verbesserten Zweitausgabe, gab Lagrange ihr dann den Namen "Méthode des Multiplicateurs".

2 Optimierungprobleme

Das Prinzip der virtuellen Geschwindigkeiten ist sehr verwandt mit der Optimierung. Lagrange erwähnt dies kurz in der Erstausgabe von 1788, widmet dann aber einen ganzen Abschnitt in der Zweitausgabe.

Sei $U(x, y, z)$ eine Potentialfunktion⁵ gemäss

$$\frac{\partial U}{\partial x} = X, \quad \frac{\partial U}{\partial y} = Y \quad \text{und} \quad \frac{\partial U}{\partial z} = Z$$

wobei X, Y und Z wie in (2) sind, dann sind die Bedingungen (3) die notwendigen Bedingungen für

$$U(x, y, z) \longrightarrow \min \text{ oder } \max. \quad (7)$$

de l'élimination des équations linéaires..."; Gauss, dem diese Methode jetzt allgemein zugeschrieben wird, war hier gerade 11 Jahre alt

⁵ Bisher haben wir uns genau an die Notation von Lagrange gehalten, aber für die Potentialfunktion verwenden wir nun wie heute üblich U , statt Π bei Lagrange.

Wenn wir die Potentialfunktion $U(x, y, z)$ unter der Nebenbedingung $L(x, y, z) = 0$ minimieren oder maximieren wollen, bedeuten die Gleichungen (5) und (6) dass wir

$$U(x, y, z) + \lambda L(x, y, z) \longrightarrow \min \text{ oder } \max \quad (8)$$

ohne Nebenbedingung lösen wollen. Dies ist die *Multiplikatorenregel von Lagrange für Optimierung mit Nebenbedingungen*.

Was ist denn das Geniale an dieser Methode? Denn eigentlich ist es ja verrückt: das Problem (7) mit der Nebenbedingung $L = 0$ ist ein zweidimensionales Minimierungsproblem, das Problem (8) hat vier Unbekannte! Beim Lösen von Gleichungen versucht man ja doch eigentlich immer, die Dimension zu verringern statt zu vergrössern! Der Clou ist dass die Gleichungen (8) eine viel einfachere Gestalt haben mit einfacheren Ableitungen, und man braucht sich nicht mit dem Implizit-Funktionentheorem herumzuplagen. Letzteres führt nämlich bei Systemen wegen der Ableitungen zu viel mehr Unbekannten als die Methode von Lagrange. Ausserdem haben die λ -s physikalische Bedeutungen, z.B. hängt das λ in (6) mit der Kraft zusammen, die das Teilchen auf der Fläche $L = 0$ hält. Und wenn man schon hunderte oder tausende von Unbekannten hat, machen zwei oder drei mehr oder weniger auch nichts mehr aus. Wir sehen das jetzt deutlich im nächsten Abschnitt.

2.1 Variationsprobleme; Euler's Methodus Lineas Curvas

Im Jahre 1744⁶ publizierte Euler sein berühmtes Werk über Variationsprobleme, wo eine Funktion gesucht ist mit

$$J = \int_a^b Z(x, y, p) dx \longrightarrow \min \text{ oder } \max, \quad (9)$$

wobei $p = \frac{dy}{dx}$ und $Z(x, y, p)$ eine gegebene Funktion ist. Durch geniale Anwendung eines Diskretisierungsverfahrens (was wir heute mit Finite Elemente bezeichnen, siehe oberes Bild in Abb. 7) erhielt er im Kapitel 2 die Differentialgleichung

$$N - \frac{d}{dx} P = 0 \quad \text{wo} \quad N = \frac{\partial Z}{\partial y}, \quad P = \frac{\partial Z}{\partial p}, \quad (10)$$

als notwendige Bedingung. In dem Falle wo $Z(y, p)$ von x unabhängig ist, fand er auch die einfachere Gleichung

$$Z - p \cdot \frac{\partial Z}{\partial p} = \text{Const.} \quad (11)$$

⁶ Lagrange, geb. 1736, war noch ein Bübchen; aber nicht mehr lange!

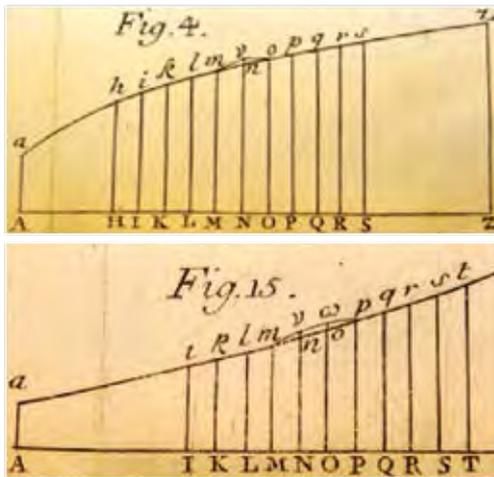


Abb. 7: Eulers Lösung des Variationsproblems (9) (oben); mit Nebenbedingung (unten).

Als aber Euler im Kapitel 5 Variationsprobleme mit *einer* Nebenbedingung

$$J = \int_a^b Z(x, y, p) dx = \min, \int_a^b L(x, y, p) dx = 0 \tag{12}$$

in Angriff nahm, musste er bei der Variation der y-Werte eine zu (4) analoge Beziehung respektieren und konnte nur mehr diese Werte 2 zu 2 variieren (siehe unteres Bild in Abb. 7). Dies führte zu 16 Seiten zusätzlicher Theorie und im Kapitel 6 zu noch weiteren Schwierigkeiten für *zwei* Nebenbedingungen ("Pluribus Proprietatibus"). Wir können die Genugtuung von Lagrange verstehen, als er all dies in *einer einzigen Zeile* erledigen konnte, nämlich

$$J = \int_a^b [Z(x, y, p) + \lambda L(x, y, p)] dx = \min \text{ oder } \max \tag{13}$$

ohne Nebenbedingungen zu behandeln.

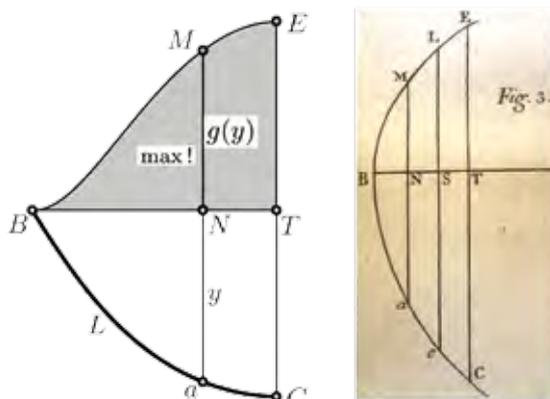


Abb. 8: Jakob Bernoullis isoperimetrisches Problem als Herausforderung an Johann; rechts: aus Johanns Opera Omnia vol. 2, 1742; links: numerische Lösung für $g(y) = y^2$

Beispiel. Als Antwort auf Johanns Triumph von 1696 bei der Brachystochrone, stellte Jakob in einer öffentlichen Ausschreibung das *isoperimetrische* Problem (siehe Abb. 8)

$$\int_0^1 g(y(x)) dx = \max, \int_0^1 [\sqrt{1 + p^2} - L] dx = 0$$

wobei $g(y)$ eine beliebige Funktion ist und L die vorgeschriebene Bogenlänge. Dies führte zu einer grossen Blamage für Johann und unerbittlicher Feindschaft zwischen den beiden Brüdern. Zwei Jahrzehnte später revanchierte sich Johann, indem er auf über 50 Seiten alle Lösungen seines Bruders auseinandersetzt und unablässig bemängelt wie kompliziert und unelegant sie seien (siehe seine *Opera Omnia* vol. 2).

Wieder einmal triumphiert Lagrange. Die obigen Integrale eingesetzt in (13) ergeben sofort mit (11) die Bedingung

$$g(y) + \frac{\lambda}{\sqrt{1 + p^2}} = C + \lambda L.$$

Diese Gleichung kann man nach p auflösen und dann durch Separation der Variablen integrieren, was

$$\int \frac{g(y) + K}{\sqrt{\lambda^2 - (g(y) + K)^2}} dy = x + c$$

mit K einer Konstante, ergibt. Nur für $g(y) = y$ ist dieses Integral elementar. Das so scheinbar einfache Problem war also für Johann eine gefährliche Falle.

3 Steuerungsprobleme

Lagrange Multiplikatoren erlauben auch einen eleganten Zugang zu Steuerungsproblemen. Dies sind Probleme, wo sogenannte Kontrollvariablen $u_j(x)$ die Lösungen eines Systems von Differentialgleichungen $\dot{y}_i = f_i(x, y, u)$ so beeinflussen sollen, dass eine sogenannte Kostfunktion möglichst gering wird, z.B.

$$\int_a^b k(x, y, u) dx \rightarrow \min.$$

Im Gegensatz zu (12) haben wir nicht nur *ein* Integral als Nebenbedingung, sondern unendlich viele Nebenbedingungen $y_i - f_i(x, y, u) = 0$ für alle Werte von x . Genau Lagranges Diktion folgend – wenn wir viele Bedingungen haben, brauchen wir auch viele Multiplikatoren – multiplizieren wir diese Nebenbedingungen mit *Funktionen* $\lambda_j(x)$ und setzen alles ins zu minimierende Integral ein

$$\int_a^b \{k(x, y, u) + [p^T - f^T(x, y, u)] \cdot \lambda(x)\} dx \rightarrow \min.$$

Dies ist jetzt ein ganz normales Variationsproblem wie (9) mit Kostfunktion $Z(x, \lambda, y, p, u)$ und drei Typen von

Unbekannten: $\lambda_j(x)$, $y_j(x)$ mit ihren Ableitungen $p_j(x)$, und die Steuerungen $u_j(x)$. Für jedes von diesen schreiben wir Euler's Gleichung (10) und erhalten, in dieser Reihenfolge,

$$y'(x) = f(x, y, u),$$

$$\lambda'(x) = \frac{\partial k}{\partial y}(x, y, u) - \frac{\partial f}{\partial y}^T(x, y, u) \cdot \lambda(x),$$

$$0 = \frac{\partial k}{\partial u}(x, y, u) - \frac{\partial f}{\partial u}^T(x, y, u) \cdot \lambda(x).$$

Wenn wir jetzt diese etwas aufmerksam betrachten, sehen wir, dass sie alle eine ähnliche Struktur haben, nämlich mit

$$H = k - \sum_i f_i \cdot \lambda_i$$

erhalten sie die Gestalt

$$y'(x) = -\frac{\partial H}{\partial \lambda},$$

$$\lambda'(x) = \frac{\partial H}{\partial y},$$

$$0 = \frac{\partial H}{\partial u}.$$

Hier bilden die ersten zwei Gleichungen ein Hamiltonsches System und die dritte Gleichung besagt, dass entlang der Lösung die Kontrollvariablen u die Hamiltonfunktion H maximieren. Dies ist das berühmte *Pontryaginsche Maximumsprinzip*.

Pontryagin fand dieses Prinzip aber nicht mit Hilfe von Lagrangemultiplikatoren. Bei Kontrollproblemen ist der Bereich der Kontrollvariablen oft eine beschränkte, geschlossene Menge, und die Lösungen liegen dann oft auf dem Rand. Sogenannte 'bang-bang' Lösungen erfüllen dann nicht mehr die letzte Bedingung, dass die Ableitung der Hamiltonschen Funktion verschwinden muss, sondern dass sie einfach ein Maximum annehmen muss, was den Namen Maximumsprinzip erklärt. Die Hamiltonfunktion und die anderen beiden Gleichungen, die wir durch Lagrangemultiplikatoren hergeleitet haben, fand Pontryagin geometrisch. Für eine ausführliche Darstellung dieser Entwicklung verweisen wir auf das Buchkapitel "Constrained Optimization: from Lagrangian Mechanics to Optimal Control and PDE Constraints" von Gander, Kwok und Wanner, welches im Buch "OPT-PDE - Optimization with PDE Constraints" dieses Jahr bei Springer erscheinen wird.



Martin J. Gander

Geboren 1967 in Biberist, Schweiz; Diplom 1993 der ETH Zürich; Promotion 1997 in Stanford bei Andrew Stuart Postdoc 1997-1999 an der Ecole Polytechnique Paris; Von 1999-2003 Assistenz- und Associate Professor an der McGill Universität, Montreal; Seit 2003 ordentlicher Professor an der Universität Genf; Forschungsgebiet in der Numerischen Mathematik, mit Spezialgebiet der iterativen Verfahren zur Lösung von Differentialgleichungen.



Gerhard Wanner

Geboren 1942, aufgewachsen in Seefeld, Tirol; Promotion 1965 in Innsbruck bei W. Gröbner; Seit 1973 Professor in Genf. Lebenslange Freundschaft und Zusammenarbeit mit E. Hairer, aus der einige recht erfolgreiche Bücher über die Numerik von Differentialgleichungen hervorgegangen sind.

Dr.-Ing. Florian Kummer studierte technische Mathematik an der Leopold-Franzens Universität in Innsbruck. Seine Masterarbeit im Bereich Numerik beschäftigt sich mit Operator-Splitting. Der Schwenk zur Strömungsmechanik erfolgte mit dem Antritt einer Promotionsstelle am Fachgebiet für Strömungsdynamik an der TU Darmstadt, Deutschland. In seiner Promotion beschäftigte er sich mit Diskontinuierlichen Galerkin-Methoden (DG) für Mehrphasenströmungen, für welche er mit dem „PhD Award 2013“ der CST AG ausgezeichnet wurde (Preis geteilt mit Dr. Adityah Amah). Er erhielt ein Forschungstipendium der DFG und arbeitete vom Februar 2013 bis April 2014 am Center for Turbulence Research an der Stanford University, USA. Seit Anfang Mai arbeitet er am CAAM Department der Rice University, Houston zusammen mit Prof. Tim Warburton. Sein aktueller Forschungsschwerpunkt sind erweiterte Diskontinuierliche Galerkin-Methoden, um Phasenübergänge wie sie z.B. zwischen zwei nicht mischbaren Flüssigkeiten auftreten, hochgenau berechnen zu können.

Ein einzelner Tropfen – etwa aus Wasser – scheint auf den ersten Blick weder besonders spektakulär noch kompliziert zu sein. Dennoch sind Tropfen unheimlich wichtig, etwa in allen Fahr- und Flugzeugen, welche mit flüssigen Brennstoffen angetrieben werden. Die Verbrennung beginnt schließlich immer damit, dass der Treibstoff zu Tröpfchen zerstäubt und mit Luft vermischt wird. Neben anderen Faktoren bestimmt letztendlich auch dieser Zerstäubungsprozess maßgeblich, wie sauber und effizient ein Motor oder eine Turbine arbeitet.

Wie simpel ein einzelner Tropfen auch immer erscheinen mag – aus numerischer Sicht ist ein Tropfen ein sehr kompliziertes Objekt, welches eine Reihe von Schwierigkeiten aufweist.

Das erste Problem resultiert aus den extremen Dichtesprüngen: betrachtet man z.B. einen Wassertropfen in Luft, so liegt das Dichteverhältnis bei etwa 1000:1. Unter Annahme der Kontinuums-hypothese ist die Dichte somit ein stückweise konstantes Feld, ähnlich einer mehrdimensionalen Heaviside-Funktion. Der Gradient der Dichte ist also eine Delta-Distribution. Das gleiche gilt für die Viskosität. Da der Spannungstensor und die Geschwindigkeit nach wie vor stetig sein müssen, ergibt sich somit ein Sprung im Druck sowie im Geschwindigkeits-Gradienten. Es liegt auf der Hand, dass sich derlei nur schlecht mit einer konventionellen Numerik behandeln lässt. Insbesondere ist bekannt, dass speziell Methoden mit hoher Konvergenzordnung – wie eben Diskontinuierliche Galerkin-Verfahren – an Problemen mit geringer Regularität ‚zerbrechen‘: im besten Falle geht ‚nur‘ die Konvergenzordnung verloren, meist wird das Verfahren jedoch instabil. Eine klassische Lösung ist nun, Dichte- sowie Viskositätssprung zu regularisieren, d.h. zu ‚verschmieren‘. In anderen Worten, man ersetzt das ursprüngliche Problem mit diskontinuierlichen Materialparametern durch eines mit kontinuierlichen. Problematisch dabei ist, dass das regularisierte Problem in der

Regel nur mit erster Ordnung gegen das ursprüngliche, singuläre Problem konvergiert – auch wenn eine Methode hoher Ordnung verwendet wird.

STECKBRIEF



Will man nun Zweiphasenprobleme genauer behandeln, ist es somit notwendig, eine speziell angepasste Numerik für das singuläre Problem zu verwenden. F. Kummer verwendet hier eine sogenannte erweiterte DG-Methode: dabei wird die Trennfläche zwischen beiden Fluiden über ein Level-Set dargestellt. Dieses kann z.B. mit einer klassischen DG-Methode behandelt werden. Man gewinnt nun die erweiterte DG-Methode, indem die Ansatzfunktionen der klassischen DG-Methode mit der Heaviside-Funktion des Level-Set-Felds, sowie mit der Heaviside-Funktion des negativen Level-Set-Felds multipliziert werden [1]. Eine derartige Methode ist prinzipiell in der Lage, Sprünge im Druck und im Spannungstensor numerisch mit hoher Konvergenzordnung abzubilden. Voraussetzung

für das Verfahren ist jedoch, dass auf den Zellen (des numerischen Gitters), welche vom Level-Set geschnitten werden, auch eine genaue und effiziente numerische Quadratur durchgeführt werden kann. Hier wurden in Zusammenarbeit mit vor allem Dr.-Ing. Björn Müller deutliche Fortschritte gemacht [2]. Basierend auf diesen beiden Ingredienzien – d.h. angepasster Approximation sowie Quadratur – konnte ein Zweiphasen-Löser mit hoher Konvergenzordnung konstruiert werden [3].

Den zweiten Problemkomplex stellt die Behandlung der Oberflächenspannung dar. Aus mathematischer Sicht ist diese eine singuläre Kraft – d.h. sie ist von der Gestalt einer Delta-Distribution, da sie nur an der Trennfläche zwischen den Fluiden wirksam ist. Schwierig ist dabei vor allem, dass die Kraft punktweise proportional zur Krümmung der Oberfläche ist; da die Krümmung bekanntermaßen von der zweiten Ableitung abhängt, welche in ihrer numerischen

Auswirkung kritisch ist, ergibt sich somit ein enormes ‚Potential‘ für numerische Instabilitäten. Aktuell forscht F. Kummer hier an DG-basierten Level-Set-Algorithmen, bei welchen die Krümmung in geeigneter Weise stabilisiert wird, und somit eine robuste Auswertung der Oberflächenspannung möglich wird.

Neben der Entwicklung von Numerischen Methoden interessiert sich Florian Kummer auch sehr für Softwareentwicklung und High-Performance-Computing (HPC). So war für ihn schon früh klar, dass er in der Programmierung von HPC-Anwendungen neue Wege beschreiten wollte. Außerdem war es ihm ein Anliegen, dass die Implementierungen auch für Dritte vielseitig nutzbar sind. Ergebnis war die objektorientierte DG-Bibliothek BoSSS, welche bis Dato von sieben weiteren Doktoranden genutzt wird bzw. wurde. Neuartig ist, dass dieser Code in C# implementiert wurde. Diese Programmiersprache wird bisher im HPC-Umfeld kaum verwendet, bietet allerdings eine Reihe von attraktiven Eigenschaften. Im Gegensatz zu klassischen

Sprachen wie C, C++ oder FORTRAN verfügt C# – ebenso wie Java – über einen sogenannten Garbage Collector, welcher die dynamische Speicherverwaltung wesentlich vereinfacht, wodurch sich die Implementierung von dynamisch-adaptiven numerischen Methoden – wie sie etwa für Mehrphasenströmungen benötigt werden – deutlich vereinfacht. Im Gegensatz zu Java bietet C# jedoch auch die Option, spezielle laufezeitkritische Teile in sogenannte ‚Unsafe-Blöcke‘ zu kapseln, in denen z.B. auch die von C bekannte Zeiger-Arithmetik möglich ist. Messungen zeigen, dass derartig optimierter C#-Code gleich schnell wie ähnlich optimierter C-Code ausgeführt wird. Darüber hinaus kann C# jedoch auch als mächtige Skript-Sprache eingesetzt werden. Dadurch wird es möglich, eine ganze Reihe unterschiedlichster Anforderungen mit ein und derselben Sprache abzudecken [4].

Für 2015 plant Florian Kummer, an die TU Darmstadt zurückzukehren und seine Arbeiten am Fachgebiet für Strömungsdynamik fortzusetzen.

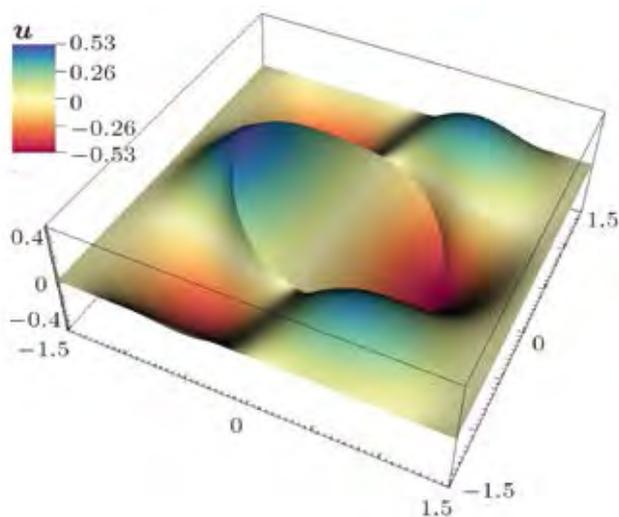


Abb. 1: Geschwindigkeits-Feld in x-Richtung für einen ellipsen-förmigen 2D-Tropfen. Gut zu erkennen ist, dass an der Trennfläche ein Knick im Feld auftritt, d.h. der Gradient der Geschwindigkeit weist einen Sprung auf.

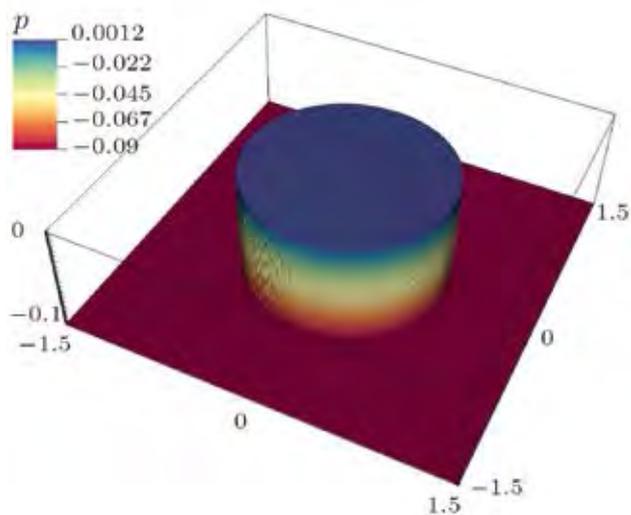


Abb. 2: Druckfeld für einen ellipsen-förmigen Tropfen: durch die Oberflächenspannung tritt ein Druck-Sprung an der fluiden Trennfläche auf. Da die Krümmung der Ellipse, und somit der Drucksprung nicht konstant ist, besteht auch innerhalb der beiden Phasen ein nicht-verschwindender Druckgradient, welcher das in Abb. 1 dargestellte Geschwindigkeitsfeld induziert

Literatur

- [1] F. Kummer und M. Oberlack : An Extension of the Discontinuous Galerkin Method for the Singular Poisson Equation, SIAM Journal on Scientific Computing, Vol. 35, No. 2, 2013.
- [2] B. Müller, F. Kummer und M. Oberlack: Highly accurate surface and volume integration on implicit domains by means of moment-fitting, International Journal for Numerical Methods in Engineering, Vol. 96, Issue 8, 2013.
- [3] F. Kummer: Extended Discontinuous Galerkin methods for multiphase flows: the spatial discretization, Annual Research Briefs 2013, Center for Turbulence Research.
- [4] F. Kummer, N. Emamy, R. Mousavi und M. Oberlack: Report on the development of a generic discontinuous Galerkin framework in .NET, Proceedings of the Par-CFD 2009 Meeting, Moffet Field, CA.

Kontakt

Dr. Florian Kummer
 Visiting Researcher
 Department for Computational and applied mathematics (CAAM)
 Rice University, Houston, Texas

RUNDBRIEF READERS

Save 30% on these SIAM titles:

Physics and Partial Differential Equations, Volume II

Tatsien Li and Tiehu Qin / Translated by Yachun Li

Physics and Partial Differential Equations, Volume II proceeds directly from Volume I (SIAM, 2012) with five additional chapters that bridge physics and applied mathematics in a manner that is easily accessible to readers with an undergraduate-level background in these disciplines. Readers who are more familiar with mathematics than physics will discover the connection between various physical and mechanical disciplines and their related mathematical models, which are described by partial differential equations (PDEs). Readers who are more familiar with physics than mathematics will benefit from in-depth explanations of how PDEs work as effective mathematical tools to more clearly express and present the basic concepts of physics.

2014 • x + 271 pages • Softcover • 978-1-611973-31-0
List \$89.00 • Rundbrief Reader Price \$62.30 • OT137

BE SURE TO ALSO ORDER:

Physics and Partial Differential Equations, Volume I

Tatsien Li and Tiehu Qin / Translated by Yachun Li

2012 • x + 264 pages • Softcover • 978-1-611972-26-9
List Price \$89.00 • Rundbrief Reader Price \$62.30 • OT126

Differential Equations and Linear Algebra

Gilbert Strang

Wellesley-Cambridge Press 13

Differential equations and linear algebra are the two crucial courses in undergraduate mathematics. This new textbook develops those subjects separately and together. The complete book is a year's course, including Fourier and Laplace transforms, plus the Fast Fourier Transform and Singular Value Decomposition. Sample sections of every chapter are available to view on the book's website, <http://math.mit.edu/dela>.

2014 • 512 pages • Hardcover • 978-09802327-9-0 • List \$87.50 • Rundbrief Reader Price \$61.25 • WC13

Practical Augmented Lagrangian Methods for Constrained Optimization

Ernesto G. Birgin and José Mario Martínez

Fundamentals of Algorithms 10

This book focuses on Augmented Lagrangian techniques for solving practical constrained optimization problems. The authors rigorously delineate mathematical convergence theory based on sequential optimality conditions and novel constraint qualifications. They also orient the book to practitioners by giving priority to results that provide insight on the practical behavior of algorithms and by providing geometrical and algorithmic interpretations of every mathematical result, and they fully describe a freely available computational package for constrained optimization and illustrate its usefulness with applications.

2014 • xiv + 220 pages • Softcover • 978-1-611973-35-8 • List \$65.00 • Rundbrief Reader Price \$45.50 • FA10

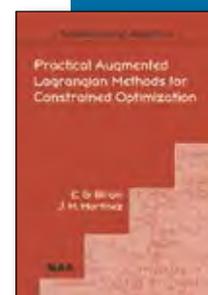
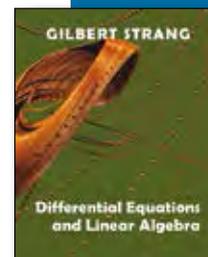
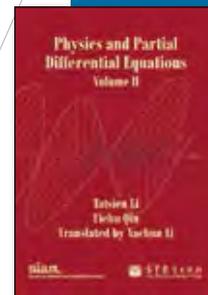
siam SOCIETY FOR INDUSTRIAL AND APPLIED MATHEMATICS

TO ORDER, SHOP ONLINE AT bookstore.siam.org.

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. BKGMI4, 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 "BKGMI4" to get special discount price.

ORDER ONLINE:
BOOKSTORE.SIAM.ORG

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," *SIBIRY* Vol. 53, pp. 526-543.



MARCH
23-27
2015

86th Annual
Meeting
of the
International
Association
of Applied
Mathematics
and Mechanics

**at the University
of Salento
Lecce, Italy**

gamm2015.unisalento.it

GAMM JAHRESTAGUNG 2016 IN BRAUNSCHWEIG



VON HEIKE FABBENDER UND VOLKER BACH

Vom 7. bis 11. März 2016 wird die GAMM-Jahrestagung zum vierten Mal in Braunschweig stattfinden, organisiert als gemeinsame Jahrestagung der GAMM und der DMV (Deutsche Mathematikervereinigung, ca. 5.000 Mitglieder) – nach 1962 die zweite gemeinsame Tagung.

Braunschweig ist »Europas heißeste Forschungsregion«, so die Statistik der Europäischen Union. In keiner anderen Region gibt es prozentual mehr Menschen, die in Forschung und Entwicklung arbeiten. Heute arbeiten und forschen in Braunschweig mehr als 16.000 Menschen in 250 Firmen des Hochtechnologie-Sektors und 27 Forschungseinrichtungen, die das Zukunftspotenzial der Region sichern¹. Dazu gehören neben dem Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung, der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt, dem zweitgrößten europäischen Forschungsflughafen, sowie weiteren renommierten Helmholtz-Zentren, Fraunhofer- und Leibniz-Instituten und Bundesforschungseinrichtungen die Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig. Ihren Namen »Carolo-Wilhelmina« hat die Technische Universität Braunschweig von ihren Gründervätern, den Herzögen Carl und Wilhelm von Braunschweig-Lüneburg, erhalten. 1745 gründete Carl das Collegium Carolinum. Er legte damit als Erster in Deutschland den Grundstein für eine Technische Universität. Zu den frühen Studenten zählt auch der Mathematiker Carl Friedrich Gauß. Wo zu Gauß' Zeiten das Collegium stand, befindet sich inzwischen das Stadtzentrum. Der Zentral-Campus liegt heute nur zehn Gehminuten weiter entfernt direkt an der Oker, die Braunschweig umfließt. 17.050 Studierende studieren in 64 Studienfächern betreut von 230 Professoren und 3.151 Hochschulbeschäftigten.

¹ Siehe http://www.braunschweig.de/wirtschaft_wissenschaft/wissenschaftsportal/index.html

Braunschweig ist mit rund 250.000 Einwohnern die größte Stadt im Raum zwischen Hannover und Berlin und, heute wie historisch, Zentrum der Region. In der Stadt Heinrichs des Löwen trifft man überall auf Zeugen ihrer tausendjährigen Geschichte. Historische Gebäude, authentische Ensembles und einladende Plätze erzählen von der Entwicklung Braunschweigs vom Mittelalter bis zur Gegenwart².

Die einzigartige Forschungslandschaft bietet ein ideales Umfeld für eine gemeinsame Jahrestagung von GAMM und DMV. Um bei der gemeinsamen Jahrestagung den Anforderungen beider wissenschaftlicher Gesellschaften gerecht zu werden, wird es einige kleine Änderungen im gewohnten Ablauf einer GAMM-Jahrestagung geben:

- ein zusätzlicher mathematischer Hauptvortrag;
- eine Emmy-Noether-Lecture (für diese herausgehobenen Plenarvorträge werden jeweils exzellente Mathematikerinnen aus Deutschland ausgewählt);
- zwei zusätzliche mathematische Minisymposia;
- die mathematischen GAMM-Sektionen werden gemeinsam mit der DMV organisiert;
- zusätzliche Sektionen, um die gesamte Bandbreite der Mathematik abzudecken:
 - Algebra, Logik und Mengenlehre
 - Diskrete Mathematik und Theoretische Informatik
 - Zahlentheorie
 - Geometrie und Topologie
 - Mathematik in Naturwissenschaft und Technik

Das GAMM-Programmkomitee für die gemeinsame Jahrestagung wurde um vier DMV-Vertreter und -Vertreterinnen erweitert.

² Siehe http://www.braunschweig.de/tourismus/ueber-braunschweig/sehenswuerdigkeiten_top10.html

AUFRUF · CALL

WAHLEN ZUM VORSTANDSRAT

Aufruf des Präsidenten mit Bitte um
Wahlvorschläge zur Vorstandswahl 2015

Wahlvorschläge

Wahlvorschläge können bei der Geschäftsstelle der GAMM per E-Mail unter GAMM@mailbox.tu-dresden.de eingereicht werden.

Vorschlagsberechtigt sind persönliche Mitglieder der GAMM sowie korporative Mitglieder.

Die folgenden Ämter des GAMM-Vorstandsrates sind 2015 zu wählen. Die Amtszeiten werden zum 01.01.2016 beginnen.

Mitglieder des Vorstandsrates

Prof. R. Lammering, Hamburg, Kontinuumsmechanik,

1. Amtszeit bis 2015, wieder wählbar.

Prof. P. Eberhard, Stuttgart, Dynamik und Regelungstheorie,

2. Amtszeit bis 2015, nicht wieder wählbar.

Prof. C. Wieners, Karlsruhe, Angew. Analysis und Numerische Simulation,

1. Amtszeit bis 2015, wieder wählbar.

Die Quorenregelung verlangt, für die zu wählenden Mitglieder des Vorstandsrates von mindestens fünf Mitgliedern schriftlich unterstützt werden müssen. Wahlvorschläge und Unterstützungserklärungen, auch für eine Wiederwahl, müssen spätestens acht Wochen vor der Mitgliederversammlung, also bis zum 28.01.2015, bei der Geschäftsstelle eintreffen.

Vorstandswahl 2015

Die Stimmabgabe zur Vorstandswahl erfolgt entweder mittels Urnenwahl im Rahmen der Mitgliederversammlung der Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik e.V. in Lecce am Mittwoch, den 25.03.2015 oder mittels elektronischer Stimmabgabe. Als Mitglied der GAMM erhalten Sie eine gesonderte Einladung. Stimmberechtigt sind persönliche Mitglieder der GAMM sowie namentlich benannte Delegierte der korporativen Mitglieder.

Ich bitte Sie, persönlich an der Mitgliederversammlung in Lecce teilzunehmen und sich an der Wahl zu beteiligen. Die elektronische Stimmabgabe ist in dem Zeitraum vom 18.02.2015 bis 18.03.2015 über die Internetseite der GAMM möglich.

Wolfgang Ehlers
Präsident

Mitglieder der Wahlkommission für die Vorstandswahlen 2015

Vorsitzender:

Volker Mehrmann, Berlin, Vizepräsident

Gewählte Mitglieder:

A. Griewank, Berlin

R. Kienzler, Bremen

F. G. Rammerstorfer, Wien

M. Plum, Karlsruhe

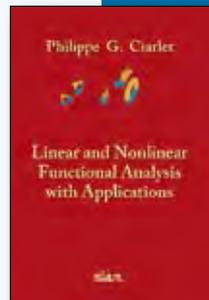
RUNDBRIEF READERS

Save 30% on these SIAM titles:

Linear and Nonlinear Functional Analysis with Applications

Philippe G. Ciarlet

This single-volume textbook covers the fundamentals of linear and nonlinear functional analysis, illustrating most of the basic theorems with numerous applications to linear and nonlinear partial differential equations and to selected topics from numerical analysis and optimization theory. It features self-contained and complete proofs of most of the theorems, plus 401 problems and 52 figures. 2013 • xiv + 832 pages • Hardcover • 978-1-611972-58-0 • List \$98.00 • Rundbrief Reader Price \$68.60 • OT130

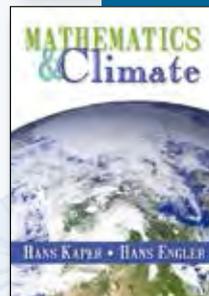


Mathematics and Climate

Hans Kaper and Hans Engler

This is a timely textbook aimed at students and researchers in mathematics and statistics who are interested in current issues of climate science, as well as at climate scientists who wish to become familiar with qualitative and quantitative methods of mathematics and statistics. The authors emphasize conceptual models that capture important aspects of Earth's climate system and present the mathematical and statistical techniques that can be applied to their analysis.

2013 • xx + 295 pages • Softcover • 978-1-611972-60-3 • List \$59.00 • Rundbrief Reader Price \$41.30 • OT131



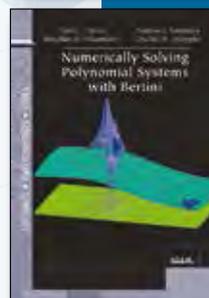
Numerically Solving Polynomial Systems with Bertini

Daniel J. Bates, Jonathan D. Hauenstein, Andrew J. Sommese, and Charles W. Wampler

Software, Environments, and Tools 25

A guide to concepts and practice in numerical algebraic geometry—the solution of systems of polynomial equations by numerical methods. Through numerous examples, the authors show how to apply the well-received and widely used open-source Bertini software package to compute solutions, including a detailed manual on syntax and usage options.

2013 • xx + 352 pages • Softcover • 978-1-611972-69-6 • List \$95.00 • Rundbrief Reader Price \$66.50 • SE25



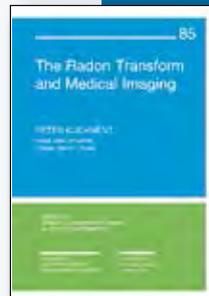
The Radon Transform and Medical Imaging

Peter Kuchment

CBMS-NSF Regional Conference Series in Applied Mathematics 85

This book surveys the main mathematical ideas and techniques behind some well-established imaging modalities such as X-ray CT and emission tomography, as well as a variety of newly developing coupled-physics or hybrid techniques, including thermoacoustic tomography. It emphasizes mathematical techniques and ideas arising across the spectrum of medical imaging modalities and explains important concepts concerning inversion, stability, incomplete data effects, the role of interior information, and other issues critical to all medical imaging methods.

2013 • xvi + 240 pages • Softcover • 978-1-611973-28-0 • List \$82.00 • Rundbrief Reader Price \$57.40 • CB85



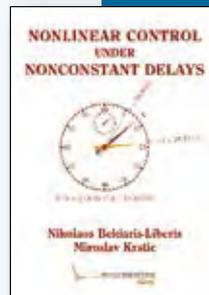
Nonlinear Control Under Nonconstant Delays

Nikolaos Bekiaris-Liberis and Miroslav Krstic

Advances in Design and Control 25

The authors have developed a methodology for control of nonlinear systems in the presence of long delays, with large and rapid variation in the actuation or sensing path, or in the presence of long delays affecting the internal state of a system. In addition to control synthesis, they introduce tools to quantify the performance and the robustness properties of the designs provided in the book.

2013 • xii + 299 pages • Hardcover • 978-1-611973-17-4 • List \$99.00 • Rundbrief Reader Price \$69.30 • DC25



SIAM SOCIETY FOR INDUSTRIAL AND APPLIED MATHEMATICS

TO ORDER, SHOP ONLINE AT bookstore.siam.org.

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. BKGMI4, 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 "BKGMI4" to get special discount price.

ORDER ONLINE:
BOOKSTORE.SIAM.ORG



GM ERLANGEN 2014



BERICHT ÜBER DIE 85. JAHRESTAGUNG DER GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE MATHEMATIK UND MECHANIK (GAMM) AN DER FRIEDRICH-ALEXANDER-UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG (FAU)

VON PAUL STEINMANN

Vom 10. bis zum 14. März 2014 fand die 85. Jahrestagung der GAMM unter der Schirmherrschaft des Präsidenten der FAU, Herrn Karl-Dieter Gröske, in Erlangen und Fürth statt.

Die ausrichtenden Organe waren die Lehrstühle für Technische Mechanik, Technische Dynamik, die Lehrstühle für Angewandte Mathematik I, II und III sowie die Lehrstühle für Strömungsmechanik und Informatik 10.

Auf der GAMM-Jahrestagung 2013 in Novi Sad stellte sich das Organisationsteam erstmals vor und lud offiziell zur nachfolgenden 85. Jahrestagung nach Erlangen ein. Zum 11. Mal nach Gründung der GAMM 1922 durch Ludwig Prandtl, ein gebürtiger Bayer, und Richard von Mises war die Tagung somit zu Ihren Wurzeln nach Bayern zurückgekehrt.

Die Eröffnung fand in der Stadthalle Fürth statt, um der großen Zahl von Zuhörern gerecht zu werden. Nach den Eröffnungsreden der Gastgeber Paul Steinmann und dem Vizepräsidenten der Friedrich-Alexander Universität Joachim Hornegger, begrüßte auch Bernd Sibler, Staatssekretär im Bayerischen Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst, als Ehrengast die Teilnehmer.

Die Eröffnungsfeier fand in diesem Jahr in einer historischen Dampflok während einer Rundfahrt vom Fürther Hauptbahnhof über Nürnberg nach Erlangen, an der fast 650 Teilnehmer beteiligt waren, statt. Das Ludwig-Prandtl-Dinner wurde in der Orangerie des Erlanger Schlosses ausgerichtet und durch einen Pianisten musikalisch begleitet.

Ab Dienstag wurden die Minisymposien und Kurzvorträge der Teilnehmer auf dem Süd-Campus der FAU gehalten. Das wissenschaftliche Programm aus Hauptvorträgen, Minisymposien und Kurzvorträgen war sehr vielfältig und wurde durch die Ludwig-Prandtl-Gedächtnisvorlesung von Cameron Tropea von der TU Darmstadt mit dem Titel „Experimental fluid mechanics, quo vadis?“ am Dienstagnachmittag und dem Vortrag des diesjährigen Richard-Von-Mises Preisträger Irwin Yousept zu dem Thema „Optimal Control of Electromagnetic Processes Governed by Maxwell's Equations“ am Mittwochvormittag abgerundet.

Insgesamt wurden über 800 Vorträge, davon 8 Hauptvorträge von renommierten Wissenschaftlern aus der Angewandten Mathematik und Mechanik, gehalten.

Es gab 22 Vorträge innerhalb der Minisymposien und 26 Beiträge in den Young Researchers' Minisymposien, die auf großes Interesse der Teilnehmer stießen.

Die Vorträge wurden in 21 Sektionen mit bis zu 18 parallelen Vortragsreihen aufgeteilt. Besonders die Sektion „Material Modelling in Solid Mechanics“ fand bei den

Teilnehmern großen Zuspruch. Hier wurden mit 88 Vorträgen die meisten Beiträge eingereicht.

Die öffentliche Vorlesung durch den Vizepräsidenten der FAU Joachim Hornegger zu dem Thema „The Beatles and their Impact on Modern Medical Imaging“ fand am Dienstagabend statt.

Besonders erfreulich war die hohe Anzahl von mehr als 500 Nachwuchswissenschaftlern/innen, die an der Tagung teilnehmen konnten.

In den fünf Tagen der 85. Jahrestagung durften wir mehr als 1000 internationale Wissenschaftler/innen, Doktoranden/innen und Studierende der Angewandten Mathematik und Mechanik aus 33 Nationen in Erlangen begrüßen. Mit einer Anzahl von 834 Personen waren die deutschen Teilnehmenden an der 85. Jahrestagung der GAMM besonders stark vertreten.

Besonderer Dank gilt der DFG, die Mittel zur Unterstützung von auswärtigen Vortragenden bewilligte, so dass für 5 führende Wissenschaftler aus dem Ausland der Aufenthalt und die Anreise aus diesen Mitteln möglich war.

Das wunderbar warme und sonnige Wetter während der Dauer der Tagung trug sehr zu dem guten Gelingen der 85. Jahrestagung bei. Auch das Rahmenprogramm, z.B.



Dampflokomotive 52 8195 der Fränkischen Museums Eisenbahn e.V. Nürnberg

eine Führung durch Erlangen oder Nürnberg waren bei Sonnenschein ein noch schöneres Erlebnis. Viele Teilnehmer nahmen auch das Angebot einen Segway durch einen Parcours auf dem Süd-Campus zu fahren an.

Die ehrwürdige Atmosphäre in der Neustädter Kirche machte das Orgelkonzert am Donnerstagabend zu einem besonderen Erlebnis.

Ein ganz besonderer Dank gilt dem lokalen Organisationskomitee und den mehr als 30 Helfern und Helferinnen, die den reibungslosen Ablauf gewährleistet haben. Auch möchten wir uns beim Kanzler der FAU, Herrn Thomas Schöck, für seine Hilfe bei der Unterstützung der Tagung bedanken: ebenso beim Präsidenten der FAU, Herrn Karl-Dieter Gröske, für die Übernahme der Schirmherrschaft.



GAMM 2014 IN ERLANGEN: OPENING SPEECH

WOLFGANG EHLERS

Meine Damen und Herren, Ladies and Gentlemen, dear Colleagues, Friends and GAMM Members

It is a pleasure for me to welcome you to this opening ceremony on behalf of the International Association for Applied Mathematics and Mechanics known in short as GAMM. Usually, it is a standing practice that the GAMM president offers his opening speech in German, whenever our conference takes place in Germany. However, I have been informed that we have more than 1,000 participants at this GAMM conference, many of them from various countries such that I have been asked to keep on in English.

Ladies and gentlemen, firstly, I would like to send my regards to the representative of the Friedrich-Alexander-University of Erlangen-Nürnberg, the Vice-President for Research, Prof. Joachim Hornegger, who will also present the public lecture tomorrow on "The Beatles and their impact on modern medical imaging", secondly, to the state secretary Bernd Sibling from the Bavarian State Ministry of Education, Science and the Arts, who honours this conference opening with his attendance, and, finally, of course,

to the local organiser, Prof. Paul Steinmann and Prof. Günter Leugering and their team, who made this event in Erlangen possible. Thank you so much for your efforts.

I think, this is worth to be acknowledged with applause.

Our society has a long tradition and cooperation with the German Society for Aeronautics and Astronautics, in short DGLR, through the jointly organised Ludwig-Prandl-Memorial Lecture, this year presented by our colleague Cameron Tropea from the Technical University of Darmstadt, directly after this opening.

To my knowledge, the GAMM conference has been a lot of times in Bavaria, I counted 4 times in Würzburg, which is originally of course in Franconia, 3 times in Munich, 2 times in Regensburg, but not a single time in Erlangen or in Nürnberg, although this area represents the second largest region in Bavaria, however, far behind Munich. Insofar, it is more or less natural that the GAMM had to come to this region. So, once again, thanks to all of you who made this invitation possible.

Although Erlangen-Nürnberg is not well known for GAMM conferences, it is, on the other hand, very well known



for railroading in Germany which took its inception here between Nürnberg and Fürth with the Adler train in 1835. If you just had a look to our programme, Prof. Steinmann did also mention this, you will have noticed that our opening reception we be on a train, a steam train starting at the railway station at half past six, full steam ahead.

Full steam ahead also with science and research, especially, with our young scientists and, more especially, with those awarded for GAMM prizes.

Ladies and Gentlemen, as you know the GAMM awards are since 1989 every year an outstanding contribution in the field of Applied Mathematics and Mechanics. The prize, which has firstly been awarded to Dr. Alexander Mielke, now a famous professor at the Humboldt-University of Berlin, is named after Richard von Mises who was born in 1883 in former Lemberg, today Lwiw, located in the western part of the Ukraine, approximately 80 km east of Poland. After studying Mathematics, Physics and Engineering Sciences, Richard von Mises received his Doctoral degree from the Technical University of Vienna in 1907 and got his habilitation degree only one year later in 1908.

Again, only one year later and at the age of 26, he became

a professor for Applied Mathematics at the University of Straßburg. His further stages were: the Technical University of Dresden, where he received after the first world war the newly founded professorship for hydrodynamics and aeronautics. Then, in 1919, he was appointed director of the new Institute of Applied Mathematics of the University of Berlin. In 1921, he founded the “Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik”, today also known as “Journal of Applied Mathematics and Mechanics” and became its first editor. Today, this international journal, known in short as “ZAMM”, is edited by the GAMM in co-operation with the Martin-Luther University of Halle-Wittenberg. One year after having founded the ZAMM, Richard von Mises and Ludwig Prandl founded our society, the GAMM, in 1922. Thus, we are now looking back to 92 years of GAMM and, within these years, to 85 GAMM conferences.

Based on this tradition, it is my honour to introduce the von-Mises laureate of 2014, Dr. Irwin Yousept, a Junior Professor for Optimisation at the Graduate School of Excellence for Computational Engineering at the Technical University of Darmstadt. The prize is awarded to Dr. Yousept in appreciation of his research on the analysis and the numerical treatment of optimal-control problems for systems of partial differential equations, especially, the Maxwell equations.

The document is signed by the members of the prize committee, the Professors Bertram (Magdeburg), Kuhlmann (Vienna), Langer (Linz) and Müller (Bonn), and the President of GAMM.

Congratulations!

Awarding a member of a Graduate School of Excellence exemplarily states that the right people have been elected as members of excellence facilities, both Graduate Schools and Clusters of Excellence. As you know, the Excellence Initiative funded by the German federal and state governments is in its second and final phase and terminates at the end of 2017. Actually, lots of ideas are on the market, but, to my knowledge, there is no final decision made whether or not facilities of excellence or comparable arrangements will be funded after 2017. Let's hope that this success story goes on.

Ladies and gentlemen, I would like to recall that the von-Mises award presentation and the von-Mises lecture given by Dr. Yousept will take place on Wednesday, at 10 o'clock, in the lecture hall H 11 located at the South Campus of the University.

I also remind all GAMM members that the General Assembly of our society will also take place on Wednesday; namely, at 11.30 after the von-Mises lecture and the coffee break. Apart of the usual reports, we will also have some elections, where those who did not take part in the electronic election system can finally cast their vote.

I herewith invite all GAMM members to attend our General Assembly.

Ladies and gentlemen, I now declare the GAMM conference in Erlangen open and wish all of you an interesting event.

Thank you for your attention.

Wolfgang Ehlers, President

BESCHLUSSPROTOKOLL ZUR HAUPTVERSAMMLUNG 2014 DER GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE MATHEMATIK UND MECHANIK E.V.

Die Hauptversammlung der GAMM fand während der Jahrestagung 2014 am Mittwoch, dem 12. März 2014, in der Zeit von 11.30 – 12:30 Uhr auf dem Süd-Campus der Friedrich-Alexander-Universität im Hörsaal H11, Cauerstrasse 11 in Erlangen statt.

Zu Beginn der Veranstaltung waren 131 Mitglieder anwesend.

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

Alle Mitglieder wurden satzungsgemäß unter Angabe der folgenden Tagesordnung im Januar 2014 schriftlich eingeladen:

Tagesordnung

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

Mitglieder des Vorstands

Prof. M. Kaliske (Sekretär), Dresden, Amtszeit bis 2014, wieder wählbar

Prof. M. Günther (Schatzmeister), Wuppertal, Amtszeit bis 2014, wieder wählbar

Mitglieder des Vorstandsrats

Prof. A. Griewank, Berlin, 2. Amtszeit bis 2014, nicht wieder wählbar

Prof. M. Oberlack, Darmstadt, 2. Amtszeit bis 2014, nicht wieder wählbar

Prof. J. Schröder, Duisburg-Essen, 2. Amtszeit bis 2014, nicht wieder wählbar

Kassenprüfer

6. Mitgliedsbeiträge
7. Fachausschüsse
8. Verschiedenes

1. Bericht des Präsidenten

Der Präsident informiert über

- das Ableben von Mitgliedern der Gesellschaft,
- die Mitgliederbewegung im letzten Jahr,
- die aktuell durchzuführenden Wahlen,
- die Vorbereitung und Planung der zukünftigen GAMM-Jahrestagungen,
- die GAMM-Publikationen,
- die Vergabe des Richard von Mises Preises und der Dr.-Körper-Preise,
- die Ludwig-Prandtl-Gedächtnis-Vorlesung,
- die Einführung von GAMM-Student-Chapters,
- die Schließung von drei Fachausschüssen und eine Neugründung,
- die GAMM-Repräsentanten und GAMM-Juniors,
- die Beziehung zu anderen Gesellschaften.

2. Bericht des Schatzmeisters

Der Schatzmeister, Herr Günther, stellt den Kassenbericht für den Zeitraum vom 01.01.2013 bis 31.12.2013 vor. Anfragen wurden nicht gestellt.

3. Bericht der Kassenprüfer

Frau Jacob berichtet von der Prüfung der Kasse für das Jahr 2013. 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 Vorstands

Über den Antrag der Kassenprüfer zur Entlastung des Schatzmeisters wird abgestimmt. Mit 5 Enthaltungen und ohne Gegenstimme wird dem Antrag zugestimmt.

Die Einführung von GAMM-Student-Chapters wird einstimmig beschlossen.

Auf Antrag von Herrn Pfeiffer, München, wird der Vorstandsrat einstimmig bei 5 Enthaltungen entlastet.

5. Neuwahlen

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

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

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

Vorstand

Sekretär	M. Kaliske	265 Stimmen (18 Enth.)
Schatzmeister	M. Günther	272 Stimmen (11 Enth.)

Vorstandsrat

Numerische Analysis	G. Kutyniok	147 Stimmen (7 Enth.)
Numerische Analysis	M. Hinze	121 Stimmen (8 Enth.)
Strömungsmechanik	G. Brenn	135 Stimmen (11 Enth.)
Strömungsmechanik	M. Krafczyk	118 Stimmen (19 Enth.)
Festkörpermechanik	U. Nackenhorst	241 Stimmen (42 Enth.)

Die jeweilige Amtszeit beginnt am 1. Januar 2015 und endet am 31. Dezember 2017. Frau Kutyniok und Herr Brenn sind damit gewählt worden. Herr Hinze und Herr Krafczyk waren nicht erfolgreich.

Der Präsident dankt den ausscheidenden Mitgliedern des Vorstandsrats, den Herren Griewank, Oberlack und Schröder.

6. Mitgliedsbeiträge

Anträge oder Anfragen liegen nicht vor.

7. Fachausschüsse

Der Vizesekretär, Herr Müller, berichtet über die Schließung der Fachausschüsse Analyse von Mikrostrukturen, Biomechanik und Computergestützte Beweise und symbolisches Rechnen. Der Fachausschuss Analyse von Mikrostrukturen soll neu gegründet werden. Der Bericht und die Neueinrichtung werden einstimmig beschlossen. Ergänzungen oder Anfragen zu dem Bericht liegen nicht vor.

8. Verschiedenes

Es liegen keine Wortmeldungen vor.

Die nächste Hauptversammlung findet voraussichtlich am 25. März 2015 in Lecce statt.

Wolfgang Ehlers
Präsident
Stuttgart, 19.05.2014

Michael Kaliske
Sekretär
Dresden, 26.05.2014

BERICHT DES PRÄSIDENTEN

HAUPTVERSAMMLUNG GAMM 2014

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

Zunächst möchte ich meinem Vorgänger im Amt des Präsidenten, Herrn Prof. Volker Mehrmann, ganz herzlich für seinen großes Engagement für die GAMM danken und hoffe auf eine gute und fruchtbare Zusammenarbeit zwischen Präsident und Vizepräsident in den nächsten 3 Jahren. Ebenfalls möchte ich meinen Dank an die Kollegen Paul Steinmann und Günter Leugering aussprechen, die uns mit ihrem Team hier an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg mit ihrem großen Einsatz ein sehr schönes Umfeld für die diesjährige GAMM-Tagung bieten und ein sehr schönes Beiprogramm zusammengestellt haben.

Ich werde Ihnen nun einen kurzen Bericht über die Entwicklung unserer Gesellschaft in den letzten 12 Monaten geben:

Die beitragsfreie Mitgliedschaft ist auf Beschluss des Vorstandsrats abgeschafft worden. Es wird erwartet, dass dadurch die Mitgliederzahl von derzeit 1949 kurzfristig absinkt. Darüber hinaus ist vorgeschlagen worden, das Zwei-Zeugen-Prinzip bei der Aufnahme neuer Mitglieder aufzugeben. Diesem Vorschlag hat der Vorstandsrat ebenfalls zugestimmt.

Seitens der GAMM wurde für das kommende Jahr die Einladung der Universität in Lecce (Italien) angenommen. Die örtlichen Tagungsleiter sind die Kollegen Giorgio Zavarise und Michele Campiti. Die Tagung wird vom 23. - 27. März 2015 stattfinden und hoffentlich eine ebensolche Beteiligung finden wie die Tagung in Erlangen. Der Programmausschuss hat bereits am 25. Januar in Berlin getagt. Damit ist die Vorbereitung der Tagung auf einem guten Weg.

In den folgenden Jahren wird die Jahrestagung der GAMM an folgenden Orten stattfinden:

- 2016: Braunschweig (gemeinsam mit der DMV), Tagungsleitung Faßbender/NN
- 2017: Ilmenau und Weimar, Tagungsleitung Könke/Trunk
- 2018: München, Tagungsleitung Müller/Ulbrich
- 2019: es liegt derzeit noch keine Bewerbung vor

Ich hoffe, Sie konnten sich im vergangenen Jahr wieder davon überzeugen, dass sowohl der GAMM-Rundbrief als auch die GAMM-Mitteilungen planmäßig erschienen und optisch sehr ansprechend ausgestattet sind. Dafür möchte ich den Herren Klawonn und Schröder für den Rundbrief und Herrn Steinmann für die GAMM-Mitteilungen ganz herzlich danken.

Der erste Band unserer Reihe „Lecture Notes in Applied Mathematics and Mechanics“, kurz LAMM, die von Alexander Mielke und Bob Svendsen herausgegeben wird, ist kürzlich bei Springer erschienen. Titel dieses von unserem Kollegen Erwin Stein editierten Bandes, dem ich dafür ganz herzlich danken möchte, ist „The History of Theoretical, Material and Computational Mechanics & Mathematics Meets Mechanics and Engineering“.

Auch die ZAMM ist auf gutem Kurs, der Zitationsindex liegt momentan bei 0,948 (Stand 2012). Dies ist eine positive Entwicklung. Ich möchte daher an dieser Stelle unserem Kollegen Holm Altenbach und seinen Mitstreitern im Editorial-Board meinen Dank aussprechen, die sich für die ZAMM einsetzen, um die Zeitschrift auch weiterhin auf Kurs zu halten.

Der Richard-von-Mises-Preis ist dieses Jahr wieder als Richard-von-Mises-Preis der „Dr.-Klaus-Körper-Stiftung“ vergeben worden. Es lagen für dieses Jahr 3 sehr gute Nominierungen vor. Das Preiskomitee bestehend aus unseren Kollegen Bertram (Magdeburg), Kuhlmann (Wien), Langer (Linz) und Müller (Bonn) hat unter Leitung unseres jetzigen Vizepräsidenten Volker Mehrmann getagt und Herrn Dr. Irwin Yousept als Preisträger vorgeschlagen. Wie auch in den letzten Jahren war der Vortrag des Preisträgers von hervorragender Qualität und sehr gut besucht.

Die Dr.-Körper-Stiftung der GAMM vergibt jährlich 4 Preise (dotiert mit jeweils 250 € und einer zweijährigen kostenlosen Mitgliedschaft in der GAMM) für die besten Dissertationen des vergangenen Jahres in Angewandter Mathematik und Mechanik. Die diesjährigen Preisträger werden bis zum 30. April dieses Jahres ausgewählt und im Anschluss bekanntgegeben. Der Zukunftsausschuss der GAMM hat unter Leitung von Volker Mehrmann getagt und regt die Einrichtung von GAMM-Student-Chapters an. Ich denke, dies ist eine sehr gute Idee, um junge Wissenschaftler früh in die GAMM einzubinden. Die GAMM-Student-Chapters sollen von den GAMM-Repräsentanten der entsprechenden Hochschule koordiniert werden. Die Mitglieder eines GAMM-Student-Chapters sind beitragsfreie Mitglieder in der GAMM, sollen aber bei den Jahrestagungen keinen Mitgliederrabatt geltend machen können. Die GAMM-Student-Chapters können Anträge bei der Dr.-Körper-Stiftung zur finanziellen Unterstützung ihrer Aktivitäten stellen. Als Rahmen wurden 300 € pro Jahr und Student-Chapter vorgeschlagen. Die Einrichtung der GAMM-Student-Chapters ist auf der Sitzung des erweiterten Vorstandsrates diskutiert und beschlossen werden.

Wenn Sie weitere Anregungen haben, die der Verbesserung unserer Gesellschaft dienen, so bringen Sie diese bitte über die Zukunftskommission ein.



Die ersten GAMM-Juniors scheidern dieses Jahr nach 3-jähriger aktiver Tätigkeit in der GAMM aus. Die Aktivitäten unserer Juniors betrachtet die GAMM als Erfolgsmodell.

Unsere Fachausschüsse dienen der koordinierten Erforschung neuer und wichtiger Gebiete im wissenschaftlichen Spektrum der GAMM. Das Element der Fachausschüsse hat sich in den vergangenen Jahren als sehr erfolgreich erwiesen; dies um so mehr, seit die GAMM die regelmäßige Evaluierung und die Terminierung der Fachausschüsse nach elf Jahren beschlossen hat. In diesem Jahr steht nur eine Nachevaluierung des Fachausschusses „Computer-gestützte Beweise und symbolisches Rechnen“ an. Nach Rücksprache mit den Vorsitzenden des Fachausschusses, Prof. Michael Plum und

Prof. Walter Krämer, wird dieser Fachausschuss geschlossen. Der unter meiner Leitung stehende Fachausschuss Biomechanik hat seine Arbeit beendet und läuft nach zweifacher Verlängerung aus. Der Fachausschuss „Analyse von Mikrostrukturen“ läuft nach zweifacher Verlängerung ebenfalls aus, soll jedoch neu gegründet werden. Dazu hat der bisherige Ausschuss-Vorsitzende, Prof. Georg Dolzmann, einen Antrag gestellt, über den wir heute befinden müssen.

Ich wünsche Ihnen weiterhin eine anregende und erfolgreiche Tagung und danke Ihnen für Ihre Aufmerksamkeit.

Wolfgang Ehlers, Präsident

RICHARD-VON-MISES-PRIZE 2014

LAUDATION ON DR. IRWIN YOUSEPT BY STEFAN ULBRICH

It is my great pleasure to introduce Dr. Irwin Yousept, the winner of this years Richard-von-Mises-Prize. Irwin Yousept belongs worldwide to the most promising young researchers in the field of optimal control governed by partial differential equations. He was born in Jakarta, Indonesia, and studied Mathematics at TU Berlin from 2002 to 2005 in just a little bit more than three years. He received the Dies-Mathematicus-Prize and the Erwin-Stphan-Prize for his excellent degree. In 2005 Irwin Yousept joined the group of Fredi Tröltzsch at TU Berlin within the Research Center MATHEON and started to focus on the theory and development of efficient numerical methods for the optimal control of PDEs. He received his Ph.D. in 2008 from TU Berlin. In his excellent thesis Irwin Yousept considered optimal control problems for PDEs with state constraints and developed regularization techniques to deal very successfully with the low regularity of the associated Lagrange multipliers. In a MATHEON project with Jürgen Sprekels and Fredi Tröltzsch he laid the foundation for the analysis and numerical solution of optimal control problems for crystal growth problems by sublimation. This project initiated his interest in Maxwell's equations, which had not been studied in an optimal control context so far. By his deep contributions to a wide range of application scenarios Irwin Yousept is nowadays a leading expert for



the theory and numerical analysis of optimal control problems governed by Maxwell's equations. In particular, he has considered the analysis and numerical approximation of optimal control problems for magnetostatic fields, time-harmonic eddy current equations and the full unsteady Maxwell's equations as well as applications to induction heating. In addition, Irwin Yousept has made important contributions to the numerical treatment of state constraints in PDE-constrained optimization. Irwin Yousept has an outstanding ability to make significant progress in the mathematical treatment of difficult optimal control problems, where he combines deep analysis with advanced numerical computations.

Irwin Yousept has published 16 articles in leading journals which is a very remarkable publication record for the early stage of his career. His excellent scientific reputation led immediately to an offer as head of a junior research group at MATHEON, for a professorship at RWTH Aachen and a tenure-track Junior Professorship at the Graduate School Computational Engineering at TU Darmstadt. We are very glad that he decided to accept the offer from TU Darmstadt. In 2013 he received the „Dimitrie Pompeiu“ Prize of the Academy of Romanian Scientists for his outstanding scientific contributions.

In summary, Irwin Yousept is one of the most outstanding young researchers worldwide in the field of optimization with PDEs. He receives the Richard-von-Mises-Prize 2014 for his results on analysis and numerical methods for the optimal control of systems of partial differential equations, in particular for Maxwell's equations. It is an honor for me to congratulate you to this prestigious prize and to announce your lecture entitled Optimal Control of Electromagnetic Processes Governed by Maxwell's Equations.

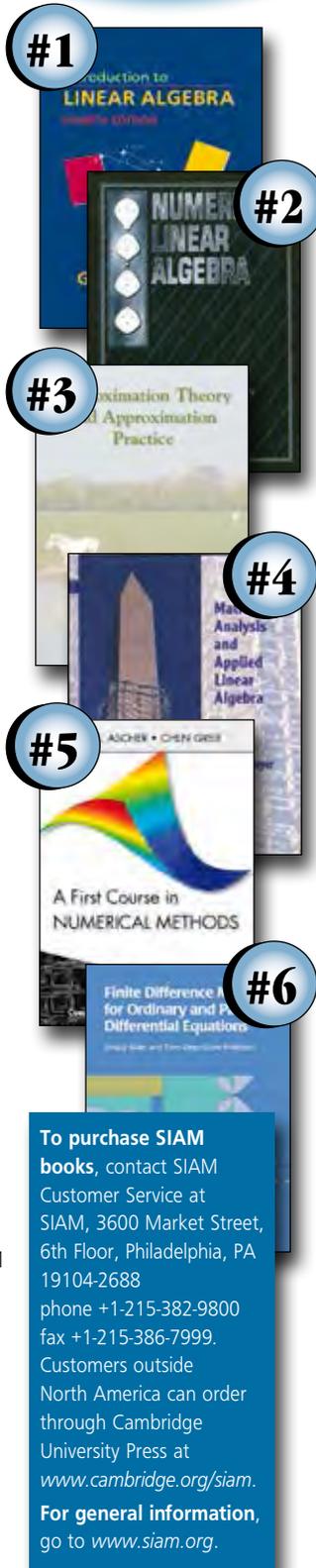


siam Bestsellers

ORDER DIRECT at bookstore.siam.org

1. **Introduction to Linear Algebra, Fourth Edition**
Gilbert Strang
2009 • x + 574 pages • Hardcover • 978-0-980232-71-4
List \$87.50 • SIAM Member \$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 • SIAM Member \$45.50 • OT50
3. **Approximation Theory and Approximation Practice**
Lloyd N. Trefethen
2013 • viii + 305 pages • Softcover • 978-1-611972-39-9
List \$49.00 • SIAM Member \$34.30 • OT128
4. **Matrix Analysis and Applied Linear Algebra**
Carl D. Meyer
2000 • xii + 718 pages • Hardcover • 978-0-898714-54-8
List \$103.00 • SIAM Member \$72.10 • OT71
5. **A First Course on Numerical Methods**
Uri Ascher and Chen Greif
2011 • xxii + 552 pages • Softcover • 978-0-89871-97-0
List \$95.00 • SIAM Member \$66.50 • CS07
6. **Finite Difference Methods for Ordinary and Partial Differential Equations: Steady-State and Time-Dependent Problems**
Randall J. LeVeque
2007 • xvi + 341 pages • Softcover • 978-0-898716-29-0
List \$67.00 • SIAM Member \$46.90 • OT98
7. **Mathematical Models in Biology**
Leah Edelstein-Keshet
2005 • xliii + 586 pages • Softcover • 978-0-898715-54-5
List Price \$62.50 • SIAM Member Price \$43.75 • CL46
8. **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 • SIAM Member \$43.05 • OT117
9. **Linear and Nonlinear Functional Analysis with Applications**
Philippe G. Ciarlet
2013 • xiv + 832 pages • Hardcover • 978-1-611972-58-0
List \$98.00 • SIAM Member \$68.60 • OT130
10. **A Primer on Mathematical Models in Biology**
Lee A. Segel and Leah Edelstein-Keshet
2013 • xxvi + 424 pages • Softcover • 978-1-611972-49-8
List \$69.00 • SIAM Member \$48.30 • OT129
11. **Uncertainty Quantification: Theory, Implementation, and Applications**
Ralph C. Smith
2014 • xviii + 382 pages • Hardcover • 978-1-611973-21-1
List \$74.00 • SIAM Member \$51.80 • CS12
12. **Mathematics and Climate**
Hans Kaper and Hans Engler
2013 • xx + 295 pages • Softcover • 978-1-611972-60-3
List \$59.00 • SIAM Member \$41.30 • OT131
13. **Numerical Computing with MATLAB, Revised Reprint**
Cleve B. Moler
2004 • xii + 336 pages • Softcover • 978-0-898716-60-3
List \$54.00 • SIAM Member \$37.80 • OT87

Rundbrief Readers
Get 30% Off List Price
Enter code **BKGM14**



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.

14. **Computational Science and Engineering**
Gilbert Strang
2007 • xii + 713 pages • Hardcover • 978-0-961408-81-7
List \$90.00 • SIAM Member \$63.00 • WC07
15. **Applied Numerical Linear Algebra**
James W. Demmel
1997 • xii + 419 pages • Softcover • 978-0-898713-89-3
List 80.00 • SIAM Member \$56.00 • OT56
16. **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 • SIAM Member \$42.35 • OT63
17. **MATLAB Guide, Second Edition**
Desmond J. Higham and Nicholas J. Higham
2005 • xxiv + 382 pages • Hardcover • 978-0-898715-78-1
List \$54.50 • SIAM Member \$38.15 • OT92
18. **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 • SIAM Member \$70.70 • OT108
19. **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 • SIAM Member \$61.60 • OT122
20. **Linear and Nonlinear Inverse Problems with Practical Applications**
Jennifer Mueller and Samuli Siltanen
2012 • xiv + 351 pages • Softcover • 978-1-611972-33-7
List \$84.00 • SIAM Member \$58.80 • CS10
21. **Spectral Methods in MATLAB**
Lloyd N. Trefethen
2000 • xviii + 165 pages • Softcover • 978-0-898714-65-4
List \$54.50 • SIAM Member \$38.15 • SE10
22. **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 • SIAM Member \$62.30 • OT127
23. **Numerical Computing with Modern Fortran**
Richard J. Hanson and Tim Hopkins
2013 • viii + 244 pages • Softcover • 978-1-611973-11-2
List \$89.00 • SIAM Member \$62.30 • OT134
24. **The Radon Transform and Medical Imaging**
Peter Kuchment
2014 • xvi + 240 pages • Softcover • 978-1-611973-28-0
List \$82.00 • SIAM Member \$57.40 • CB85
- T25. **Learning MATLAB**
Tobin A. Driscoll
2009 • xiv + 97 pages • Softcover • 978-0-898716-83-2
List \$30.0 • SIAM Member \$21.00 • Code OT115
- T25. **Iterative Methods for Sparse Linear Systems, Second Edition**
Yousef Saad
2003 • xviii + 528 pages • Softcover • 978-0-898715-34-7
List \$113.50 • SIAM Member \$79.45 • OT82

*SIAM's bestselling titles for the 12 months ended April 30, 2014.

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.

AUFRUF · CALL

**Für die Jahrestagung 2016
in Braunschweig, 07. -13. März,
veranstaltet die GAMM einen
Wettbewerb zur Einreichung von**

**For its Annual Meeting 2016
in Braunschweig, March 07 - 13,
GAMM is arranging a competition for
submission of**

NACHWUCHS- MINISYMPOSIEN

YOUNG RESEARCHER 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:

bis 31. Dezember 2014

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.

07. - 13. März 2016

Durchführung der ausgewählten Minisymposien.

Schedule:

until December 31, 2014

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

March 07 - 13, 2016

Carrying out the nominated minisymposia.

WISSENSCHAFTLICHE VERANSTALTUNGEN

GAMM

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

Tagungsjahr 2014

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/l2/gammFA-biomech/>

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

Computational Science and Engineering (CSE) <http://www.uni-stuttgart.de/gamm/fa-cse>

Mathematische Signal- und Bildverarbeitung (MSIP) <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.

GAMM JUNIORS SUMMER SCHOOL

Differential-Algebraic Equations - Modelling, Fundamentals and Control

The purpose of the SAMM (School on Applied Mathematics and Mechanics) is to support interdisciplinary exchange between young engineers, especially mechanical and mathematicians and to help (PhD) students facilitate their entry into the world of research. The topic are Differential-algebraic equations (DAEs). These equations are a powerful tool for modelling and analysis of various problems e.g. in multibody dynamics, economics and electrical circuits. The investigation of DAEs has therefore gained an important spot in mathematics and mechanics. The lecturers of the SAMM are

Thomas Berger (U Hamburg) and Stephan Trenn (TU Kaiserslautern).

The lecturers are supported by guest speakers on special topics: Volker Mehrmann (TU Berlin): Optimal Control, and Bernd Simeon (TU Kaiserslautern): Multibody Dynamics.

The SAMM will take place in Elgersburg (Germany) from September 14-20, 2014 and consists of five days of activities, where lectures will be held in the morning and example classes in the afternoon. The cost for the hotel including full board is EUR 500,- for a single and EUR 390,- p.p. for a double room. The number of participants is limited to 40 due to the size of the workshop hotel.

Scholarships: Due to financial support of the Ernst-Abbe-Stiftung, a limited number of scholarships is available. Because of the restricted number of such scholarships, we ask students to preferentially use funds available at their home institutions. Homepage: <http://www.tu-ilmeneau.de/index.php?id=36300>



School on Applied Mathematics and Mechanics

Organizers:
Sebastian Schöps and
Karl Worthmann



Foto: Peter Ullrich Hein

GM MITGLIED WERDEN!