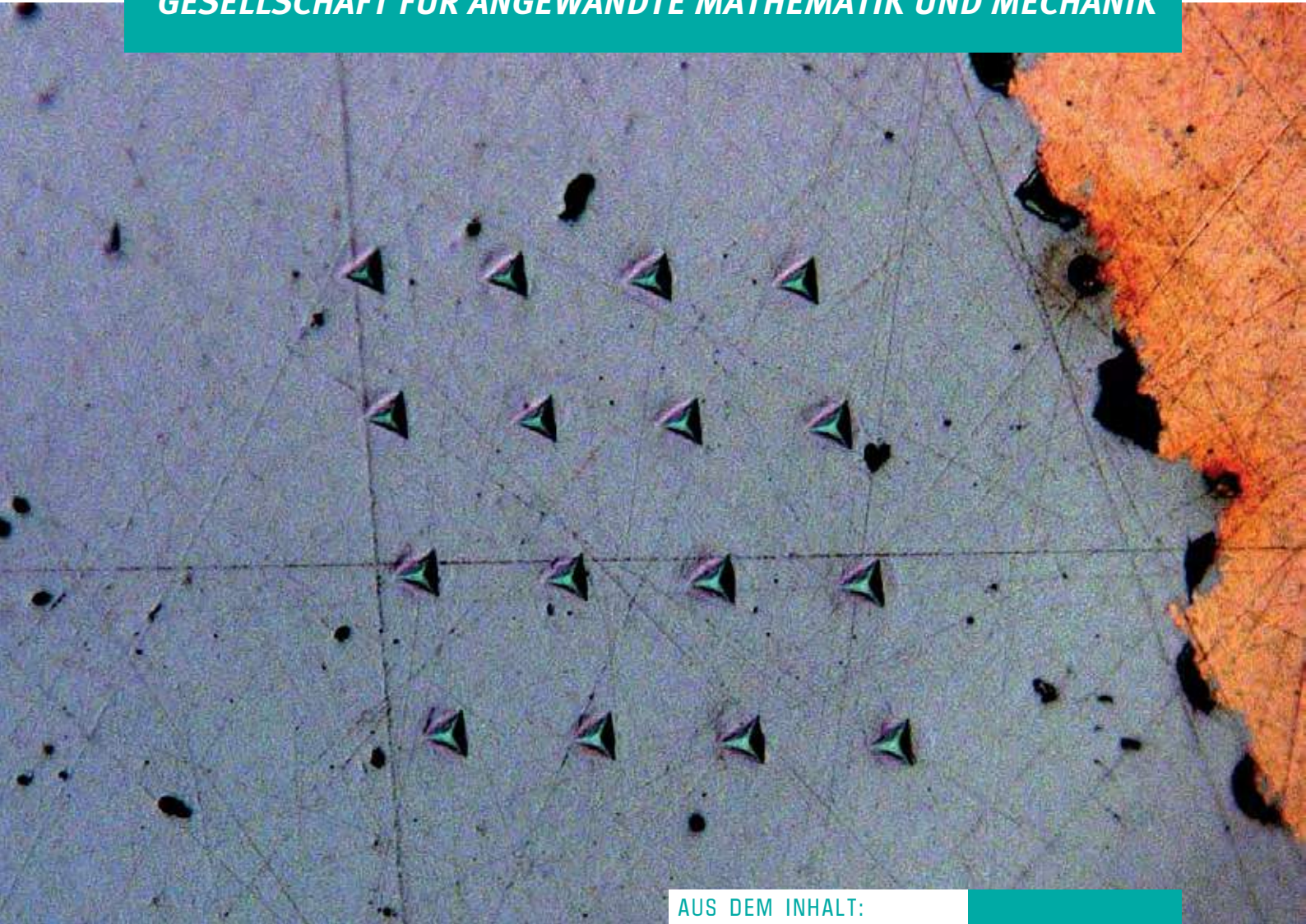


RUNDBRIEF



GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE MATHEMATIK UND MECHANIK



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

WOLFGANG H. MÜLLER:
MIKROMECHANIK –
WANN WENIGER MEHR IST

ROLAND HERZOG, CHRISTIAN MEYER
UND GERD WACHSMUTH:
OPTIMALE STEUERUNG
IN DER ELASTOPLASTIZITÄT

JUNGE WISSENSCHAFTLER:
CHRISTINA VÖLLMECKE
UND IRWIN YOUSEPT

2/2012

www.gamm-ev.de

BERICHTE AUS DEN FACHAUSSCHÜSSEN

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:

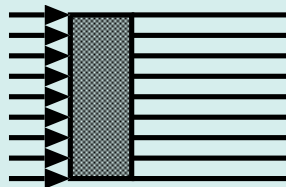
Bauer Satz.Druck.Werbetechnik GmbH
 Am Gewerbering 8
 84069 Schierling
 Tel.: ++49 (0)9451 / 943021 / 943020
 Fax: ++49 (0)9451 / 1837
 E-Mail: info@bauerwerbung.com

Alle Rechte bei den Autoren.

4 Vorstand der GAMM

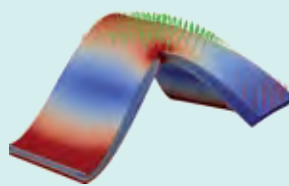


6 Mikromechanik – Wann weniger mehr ist
 Wolfgang H. Müller



13 Steckbrief
 Christina Völlmecke

**15 Fachgruppe
 Computeralgebra feiert
 25-jähriges Bestehen**



**16 Optimale Steuerung
 in der Elastoplastizität**
 Roland Herzog,
 Christian Meyer,
 Gerd Wachsmuth

**21 Wissenschaftliche
 Veranstaltungen**

**22 Wahlauf Ruf zum
 Vorstandsrat 2014**

23 Steckbrief
 Irwin Yousept



25 GAMM Juniors

**26 Computational Science and
 Engineering (CSE)**

28 Uncertainty Quantification

**29 Mathematische Signal- und
 Bildverarbeitung**

**30 Opening address at
 GAMM 2012**
 Volker Mehrmann

31 83. GAMM-Jahrestagung
 Hans-Dieter Alber und Cameron
 Tropea

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

**34 Beschlussprotokoll zur Haupt-
 versammlung 2012**

34 Personalien

**35 Bericht des Präsidenten
 Hauptversammlung GAMM
 2012**

**36 Brainstorming mit der Industrie:
 Mathematik-Workshops lösen
 praktische Probleme**
 Barbara Wagner

**38 Der Online Mathematik Brück-
 kurs „Hängemathe“ - Eine
 Chance**
 Johan Thorbiörnson, Ruedi Seiler,
 Marek Grudzinski



LIEBE LESERIN, LIEBER LESER, LIEBE GAMM-MITGLIEDER,

der Leitartikel des zweiten Rundbriefes 2012 trägt den Titel „Mikromechanik – wann weniger mehr ist“. Hierin stellt uns Wolfgang H. Müller Messverfahren der Nanotechnologie vor, die der Materialcharakterisierung und der Spannungsmessung von Miniaturbauteilen dienen. Hierbei kommen Verfahren wie die Miniaturzugprüfung, die Nanoindentation, Atomic Force Microscope (AFM) - Messungen und die ramanpektroskopische Untersuchungsmethode zum Einsatz. Dadurch lassen sich Materialkennwerte, die Oberflächenbeschaffenheit und Spannungszustände identifizieren.

Der Artikel „Optimale Steuerung in der Elastoplastizität“ verfasst von Roland Herzog, Christian Meyer und Gerd Wachsmuth gibt einen Einblick in die numerische Simulation von Umformprozessen wie sie Anwendung in der Automobilindustrie finden. Ein Hauptaugenmerk wird hier auf die rechnergestützte Optimierung der Umformprozesse gelegt.

Im zweiten Teil dieser Ausgabe weist Barbara Wagner in ihrem Artikel „Brainstorming in der Industrie: Mathematik-Workshops lösen praktische Probleme“ auf den Nutzen und die Vorteile so genannter Industrieworkshops hin. So widmen sich zum einen die Industriepartner gemeinsam mit angewandten Mathematikern der Erarbeitung von Lösungswegen auftretender Probleme und zum anderen bekommen junge Wissenschaftler Einblick in reale Industrieprobleme. Im Anschluss stellen Johan Thorbiörnson, Ruedi Seiler, Marek Grudzinski den aus Schweden stammenden Online Mathematik Brückenkurs „Sommermatte“ vor, der auch in Deutschland unter dem Begriff „Hängemathe“ schon an einigen Universitäten erfolgreich stattfindet.

Die Steckbriefe widmen sich Christina Völlmecke und Irwin Yousept. Frau Völlmecke, die ihre Promotion in London am Imperial College abschloss, forscht seit 2009 als Oberingenieurin am Lehrstuhl für Kontinuumsmechanik und Materialtheorie des Instituts für Mechanik der Fakultät V der Technischen Universität Berlin. Der Erwin-Stephan-Preisträger Irwin Yousept ist Juniorprofessor für Optimierung an der Graduiertenschule Computational Engineering der Technischen Universität Darmstadt. Sein Forschungsschwerpunkt liegt in der Optimalsteuerung partieller Differentialgleichungen. Des Weiteren stellen sich die GAMM Juniors und die neuen GAMM Fachausschüsse, „Computational Science and Engineering (CSE)“, „Mathematische Signal- und Bildverarbeitung“ und „Uncertainty Quantification“, vor.

Die 83. GAMM Jahrestagung wurde an der Technischen Universität in Darmstadt ausgerichtet. Die 970 internationalen Wissenschaftler aus 30 Ländern haben durch ihre Teilnahme an den 24 parallelen Vortragssektionen und den 12 Minisymposien zum Erfolg dieser hervorragend organisierten Konferenz beigetragen. Es wurden etwa 800 Vorträge gehalten, so dass sich die Zahl der Vorträge im Vergleich zur 22. Tagung im Jahre 1950 verdreizehnfacht hat. In dieser Ausgabe sind außerdem die Eröffnungsrede zur GAMM-Jahrestagung des GAMM-Präsidenten Volker Mehrmann und eine Zusammenfassung der wichtigsten Eckdaten der Tagung der lokalen Tagungsorganisatoren Hans-Dieter Alber und Cameron Tropea abgedruckt. Auf der 83. Tagung wurde zudem der Richard-von-Mises-Preis an Swantje Bargmann verliehen; ihr Werdegang und Arbeitsgebiet sind in der hier veröffentlichten Laudatio von Bob Svendsen beschrieben.

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

Als Herausgeber des Rundbriefes bedanken wir uns herzlich bei den Kollegen Wolfgang H. Müller, Roland Herzog, Christian Meyer, Gerd Wachsmuth und Barbara Wagner für ihre ansprechenden Artikel, bei Christina Völlmecke und Irwin Yousept für die Verfassung der Steckbriefe und bei Johan Thorbiörnson, Ruedi Seiler und Marek Grudzinski für ihren Beitrag. Ferner bedanken wir uns bei den Organisatoren der 83. Jahrestagung für die Ausführungen zur Konferenz. Mit Blick auf eine weitere gemeinsame Gestaltung des Rundbriefes mit den GAMM-Mitgliedern wünschen wir Ihnen viel Freude beim Lesen der vorliegenden Ausgabe.

Axel Klawonn und Jörg Schröder im August 2012

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

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

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

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

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

Weitere Mitglieder des Vorstandsrates

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Beratende Mitglieder des Vorstandsrates

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

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

Prof. em. Dr. rer. nat. Reinhard Mennicken
Universität Regensburg NWF I / Mathematik
93053 Regensburg

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

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

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

Kassenprüfer

Prof. Margareta Heilmann
Bergische Universität Wuppertal
Fachbereich 7 - Mathematik

Prof. Bernd Tibken
Bergische Universität Wuppertal
Elektrotechnik und Informationstechnik



ANNOUNCEMENT OF THE
**GAMM 2013
IN NOVI SAD
SERBIA**



**March
18-22**

**84th Annual Meeting of the International
Association of Applied Mathematics and Mechanics**

Hosted by the University of Novi Sad, the next 84th Annual GAMM conference will take place on March 18th – 22nd in Novi Sad, Serbia. Famous for its multicultural ambience, warm and openhearted residents, this town welcomes many international festivals, among which GAMM 2013 conference will take the special place...



Situated on the left bank of the river Danube, facing the famous Petrovaradin fortress, Novi Sad is the cultural, scientific and economical center of the region of Vojvodina. As the capital of this north district of Serbia and the second largest city in the country, it lies on the junction of E-75, the railway between Budapest and Belgrade and the waterways of the Danube. All this, together with close proximity of the International airport "Nikola Tesla" in Belgrade, makes it a perfect, easy-to-access, popular hotspot of the Balkan region.

Since its early beginnings in 1694, due to the vivid social life and multicultural character, the town had been prospering in many different ways, which led, in 1748, to the recognition of Novi Sad as "Free Royal City of the Kingdom of Hungary and other territories" by the Empress Maria Theresa. Staying faithful to its good traditions, and at the same time keeping the pace with modern life, Novi Sad is nowadays known as the center for scientific, cultural, educational and other, especially youth, manifestations.



The local organizing team will do its best to welcome participants and make their stay as enjoyable as possible, starting with a service of direct transportation between Belgrade airport and main conference hotels on request. Also, it is good to know that the domestic air carrier JAT Airways is a partner of the German railroad company (Deutsche Bahn) and provides the special offer for train tickets to Jat Airways' passengers.

For more details, you can visit the official conference website at

www.dmi.uns.ac.rs/gamm2013

MIKROMECHANIK – WANN WENIGER MEHR IST

VON WOLFGANG H. MÜLLER

Der Begriff der Mikro- bzw. Nanotechnologie symbolisiert fast wie kein zweiter den technischen Fortschritt. Das Ziel immer kleinere Strukturen und Gerätschaften zu entwickeln, beschäftigt Forscher aus den verschiedensten Interessensgebieten, wie z. B. Mediziner, Biologen, Elektroniker und (auch) Maschinenbauer. Doch neben der reinen Idee werden für die reale Umsetzung der neuesten Entwicklungen, unabhängig vom genauen Einsatzgebiet, geeignete Materialdaten bzw. geeignete Materialtests benötigt, welche in der Lage sind, die mikromechanischen Besonderheiten zu berücksichtigen. An dieser Stelle sei angemerkt, dass ein Material im Mikrobereich nicht zwangsläufig das gleiche Materialverhalten aufweisen muss, wie auf der Makroebene [1]. Zu diesem Zweck werden am Lehrstuhl für Kontinuumsmechanik und Materialtheorie der TU Berlin, kurz LKM, Messverfahren mit dem Ziel der Materialcharakterisierung und Spannungsmessung an Kleinstproben durchgeführt. Zu den angewendeten Verfahren zählen u. a. die Miniaturzugprüfung, die Nanoindentation, AFM-Messungen und die Raman-Spektroskopie.

Das erstgenannte Verfahren der Zugprüfung überträgt dabei den klassischen makroskopischen Zugversuch auf den μm -Bereich. Auf diese Weise ist es möglich, Spannungs-Dehnungs-Kurven an Kleinstproben aufzuzeichnen, aus denen bekannte Materialeigenschaften, wie Elastizitätsmodul, Fließspannung, Streckgrenze, Bruchdehnung, etc. bestimmt werden können. Bei der sog. Nanoindentation handelt es sich um eine weiterentwickelte Variation der traditionellen Härtemessung, welche als Vickers-, Brinell- oder Rockwell-Härtemessung bekannt ist. Die sog. „Härte“ ist das primäre Resultat dieses Messverfahrens. Die Nanoindentation erlaubt überdies jedoch eine erweiterte Auswertung aus dem Eindringversuch, man spricht in diesem Zusammenhang auch von instrumentierter Eindringprüfung. Die Aufzeichnung der gesamten Belastungskurve gestattet nämlich die Ermittlung elastischer Kennwerte, wie z. B. dem Elastizitätsmodul, und plastischer bzw. zeitabhängiger Materialparameter. Neben der reinen Ermittlung von Materialkennwerten ist die Charakterisierung von Oberflächenbeschaffenheiten oder Spannungszuständen bei Miniaturbauteilen von großem Interesse. Eine Möglichkeit bietet in diesem Zusammenhang ein AFM, kurz für Atomic Force Microscope, oder auch Rasterkraftmikroskop. Bei diesem Messprinzip fährt eine an einer Blattfeder befestigte Nadelspitze, welche einen Spitzenradius in der Größenordnung von 10 Nanometern aufweist, über einen vorgegebenen Oberflächenausschnitt eines Probenstückes.

Die geringen Abmessungen der Spitze und deren sensible Aufhängung erlauben dabei die Vermessung der Höhenstruktur eines Bauteils. Auf diese Weise können Rauigkeiten und auch gezielt Schädigungen vermessen und analysiert werden, welche mit optischen Messmethoden schwer oder gar nicht mehr zu erfassen sind. Darüber hinaus kann das AFM zur definierten Verformung von Mikroproben eingesetzt werden. Zu guter Letzt sei das mächtige und messtechnisch anspruchsvolle Verfahren der Ramanspektroskopie erwähnt, das neben einer Materialidentifikation und -zustandscharakterisierung auch zur Messung lokaler mechanischer Spannungen eingesetzt werden kann. Diese Methode etablierte sich im Zuge der Erfindung des Lasers zu einer gängigen Untersuchungsmethode in der modernen Materialforschung. Die spektralen Analysen des von einer Probe reflektierten Laserlichts eignen sich besonders für Untersuchungen molekularer Zusammensetzungen und den Bindungseigenschaften des Probenmaterials sowie die darauf wirkenden Einflüsse von Temperatur, chemischer Zusammensetzung, elektrischer Eigenschaften oder sogar der Dotierungsgüte von Kristallen. Im Sinne materialtheoretischer mikro- und kontinuumsmechanischer Versuche bietet die Ramanspektroskopie außerdem die Möglichkeit, mechanische Dehnungen und bei Annahme eines geeigneten Spannungs-Dehnungszusammenhanges auch mechanische Spannungen in Festkörpern lokal und zerstörungsfrei zu messen. Allerdings müssen die zu untersuchenden Materialien ramansensitiv, nämlich opak sein. Metalle sind dies aufgrund der freien Elektronen leider nicht.

Miniaturzugprüfung

Die Miniaturzugprüfung ist ein Verfahren, welches sich im Prinzip nicht von der klassischen Zugprüfung unterscheidet und dennoch einige Anpassungen und einiges Know-How zur korrekten Messdurchführung bei kleinen Dimensionen verlangt. Die am Institut verwendete Zugprüfmaschine der Firma MTS kann eine gegenüber normalen Zugversuchen deutlich reduzierte Kraft von ± 250 N aufbringen und ist zur Vermeidung äußerer Einflüsse horizontal ausgerichtet, vgl. Abbildung 3. Die Probekörper, welche eine durchschnittliche Länge von gerade einmal 30 mm (bei 1 mm^2 Querschnittsfläche) aufweisen, zeigen die typische Prüfgeometrie mit einem mittig verjüngten Messbereich: Abbildung 1.

Die Enden der Probe weisen zur Fixierung bzw. Kraftübertragung einen vergrößerten Querschnitt auf. Hier zeigen



Abbildung 1: Probenhalterung und Detailansicht der Zugprobe [2].

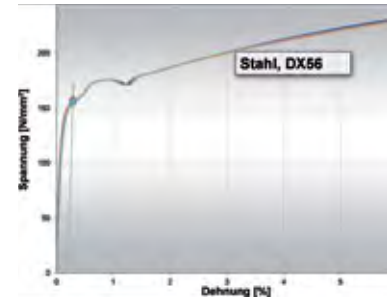


Abbildung 2: Die Spannungs-Dehnungskurve von DX56 aus Miniaturzugversuchen am LKM.

sich die ersten Ansprüche an eine reproduzierbare Messdurchführung im Miniaturbereich: Ein Einspannen der Proben, wie es bei ca. 30 cm-langen Zugproben im Maschinenbau allgemeine Praxis ist, kann hier nicht angewendet werden, ohne direkt Spannungen in die Probewerkstücke einzubringen und das Messergebnis zu beeinflussen. Aus diesem Grund werden die Miniaturproben in eine Vorrichtung eingelegt, welche erst beim Aufbringen einer Prüfvorkraft zum Ausrichten der Probe führt. Ist ein stabiler, minimal in Zugrichtung vorgespannter Prüfzustand erreicht, kann die eigentliche Messprozedur gestartet werden. Eine weitere Besonderheit der Miniaturzugprüfung ist die berührungslose Weg- bzw. Dehnungsmessung mittels Laserextensometer. Bei diesem Messprinzip wird über zwei manuell aufgebrachte, weiße Reflektionsstreifen der Messbereich in der Probenmitte definiert. Zusätzlich erzeugt ein Laserstrahl, welcher auf ein hochfrequent rotierendes Prisma im Gehäuse des Extensometers trifft, eine Linie längs zur Zugprobe. An den Markierungsstreifen wird das Laserlicht mit einer zum Rest der Probe stark abweichenden Intensität reflektiert. Das System kann somit den aktuellen Abstand der Bereichsgrenzen messen und folglich die bei der Darstellung der

Zugprüfung erforderliche Längenänderung berechnen. Die reproduzierbare Bestimmung des Elastizitätsmoduls, also der Steigung des linear elastischen Bereiches im Spannungs-Dehnungs-Diagramm ist bei vielen (stark duktilen) Materialien nicht ohne weiteres möglich. Aus diesem Grund wird bei der Messdurchführung prinzipiell eine Belastungs-Hysterese durchlaufen, aus der im Nachhinein der Elastizitätswert bestimmt werden kann. Detaillierte Erläuterungen zum Messaufbau und vor allem zur Messdurchführung findet man in [2]. In Abbildung 2 sind exemplarisch Spannungs-Dehnungskurven vermessener Stahlminiaturproben dargestellt.

Die aufgezeichneten Messdaten werden in weiteren Auswerteschritten auch dazu verwendet, Materialparameter zu bestimmen, die nicht direkt aus der Kurve abzulesen sind, z. B. den Verfestigungsexponenten. Das Ziel dieser Auswertungen ist die Nachbildung des gemessenen realen Werkstoffverhaltens durch materialtheoretisch fundierte Gleichungen und durch Optimierungsverfahren eine bestmögliche Übereinstimmung an die experimentellen Daten zu finden. Die theoretischen Ansätze werden also verwendet, um in einer Rückrechnung zusätzliche Materialparameter zu identifizieren.

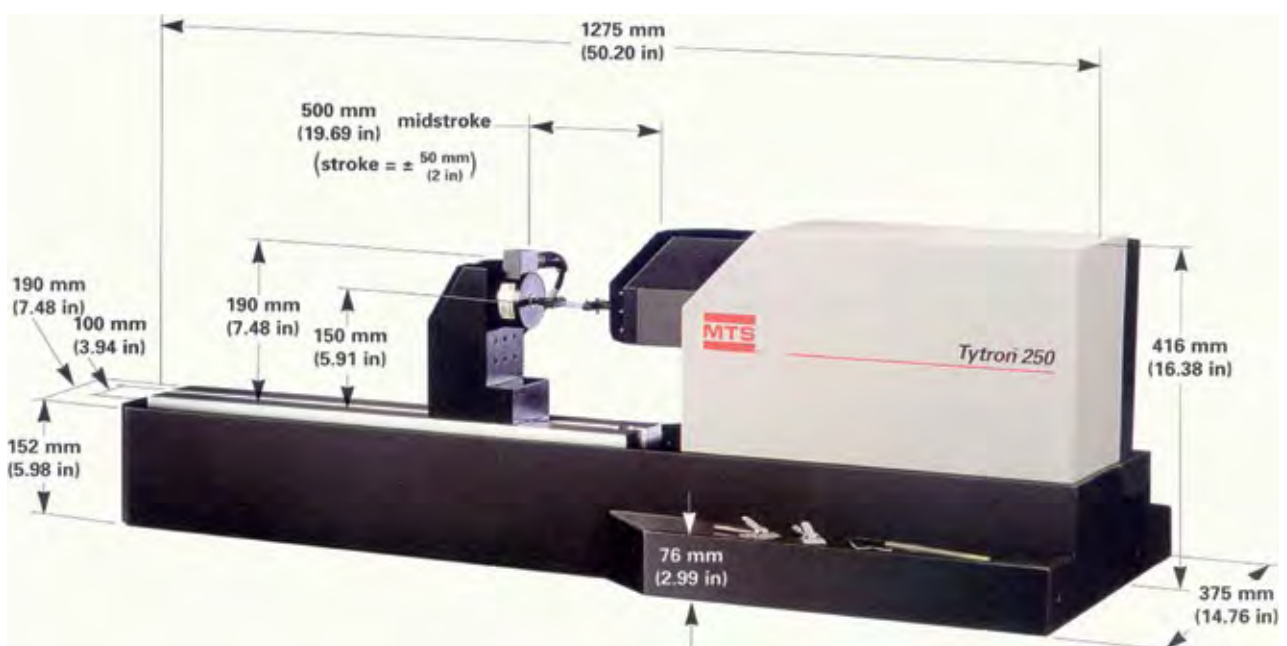


Abbildung 3: Die Miniaturzugprüfmaschine MTS Tytron 250 [2].

Zur (temperaturabhängigen) Nanoindentation

Die klassische Nanoindentation erlaubt, wie anfangs kurz erläutert, die Bestimmung materialpezifischer Kennwerte aus einem instrumentierten Eindringversuch. Zum besseren Verständnis des Messaufbaus ist dieser in Abbildung 4 schematisch gezeigt. Der Elektromagnet, welcher sich am oberen Ende des Aufbaus befindet, erzeugt eine Kraft, die das senkrecht ausgerichtete Pendel um einen Drehpunkt bewegt. Dadurch wird der Indenter in das eingebettete Probenmaterial getrieben.

Über die Verschiebung der Plattenkondensatoren am linken Ende der Indenteraufhängung kann die Eindringtiefe per Abgleich einer Wheatstoneschen Messbrücke bestimmt werden. Die korrespondierende Kraft ergibt sich nach vorheriger Kalibrierung des Magneten. Neben der Raumtemperaturmessung sind auch Experimente bis zu 500°C möglich. Ein großes Einsatzgebiet des Messverfahrens wird somit garantiert. Die Temperaturerhöhung wird durch eine HotStage- Erweiterung am Nanoindentergrundsystem realisiert. Detaillierte Ausführungen zur Temperaturmessung und der Diskussion über die tatsächliche Messtemperatur findet man u. a. in [3]. Das typische Resultat eines Eindringversuches ist die in Abbildung 5 gezeigte charakteristische Kraft-Eindringkurve.

Die automatisierte Auswertung der aufgezeichneten Messkurven, unabhängig ob sie bei Raumtemperatur (RT) oder erhöhter Temperatur gemessen wurde, basiert zunächst einmal auf dem Verfahren von Oliver und Pharr [4] und Fischer-Cripps [5]. Danach lässt sich zusammenfassend festhalten, dass die mathematische Bewertung der mechanischen Eigenschaften über die Entlastungssteigung S geschieht und zwar wie folgt:

$$S = \frac{dP}{dh}, \quad E_r = \frac{\sqrt{\pi} S}{2 \sqrt{A}}, \quad \frac{1}{E_r} = \frac{1-\nu_1^2}{E_1^2} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2^2}$$

Das Ergebnis der Auswertung, neben dem Härtewert als Quotient aus maximaler Kraft und projizierter Fläche A ist der sog. reduzierte (effektive) E-Modul E_r . Dieser Wert kann durch die Berücksichtigung der Materialeigenschaften des Indenters in den tatsächlichen Elastizitätsmodulwert E der Probe umgerechnet werden.

Bei Messungen unter erhöhter Temperatur ist vor allem der Einfluss zeitabhängiger Materialverformung, das sog. Kriechen, bei der Auswertung zu berücksichtigen. Kriechmechanismen dominieren ab einer homologen Temperatur von ca. 0,5 den Verformungsprozess und führen zu einer Abweichung der Kraft-Eindringtiefe - Kurve aus Abbildung 5 von der dort gezeigten idealen Form. Die sog. homologe Temperatur ist ein dimensionsloser Kennwert, der sich als Quotient aus der Einsatztemperatur und der Schmelztemperatur des betrachteten Werkstoffs (in K), berechnet. Die angedeuteten Abweichungen im Kraft-Eindringtiefe- Diagramm zeigen sich vor allem in den zur weiteren Auswertung genutzten Entlastungskurven. Kann man in Abbildung 4 zu Beginn der Entlastung noch von einem nahezu linearen Verlauf ausgehen, führen

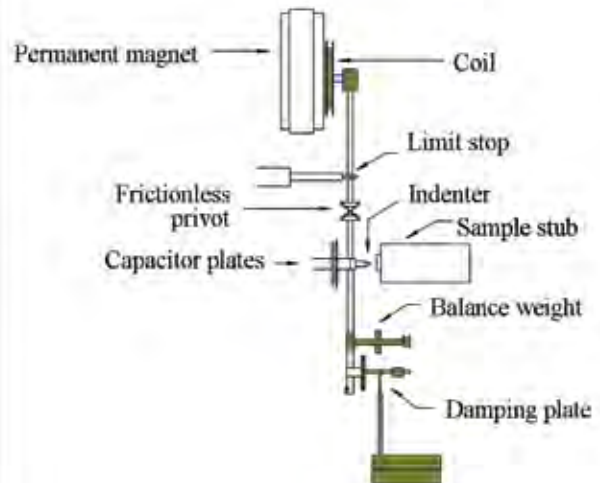


Abbildung 4: Der schematische Aufbau des Nanoindenters [3].

die Kriechmechanismen zu einem teilweise stark bogenförmigen Entlastungsverlauf. Es ist bereits anschaulich klar, dass die zur weiteren Auswertung benötigte Entlastungssteigung S nicht mehr korrekt ermittelt werden kann und eine automatisierte Auswertung hinsichtlich der Bestimmung des Elastizitätsmoduls erschwert wird. Abhilfe erfolgt auf der experimentellen Seite vor allem durch eine der Messtemperatur angepasste, deutliche Verlängerung der Haltezeiten. Prinzipiell können mit dem Nanoindenter temperaturabhängige Kriechversuche an Kleinstproben mit einer maximalen Haltephase von 3600 s durchgeführt werden.

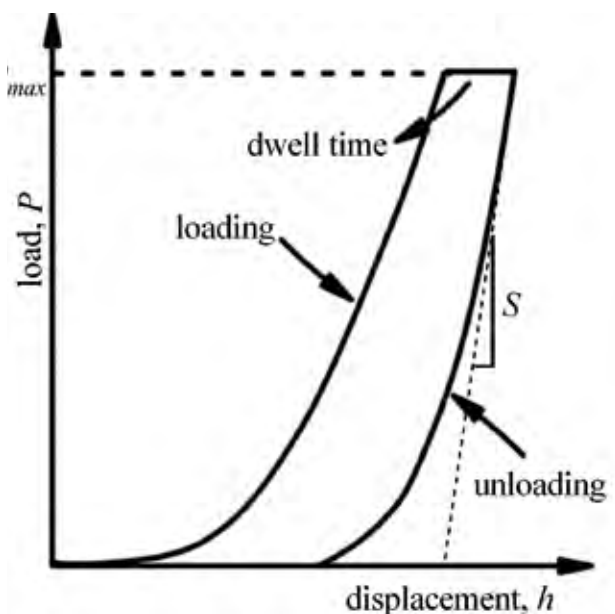


Abbildung 5: Eine typische Kraft-Eindringtiefe-Kurve des Nanoindenters [3].

Exemplarisch sind in Abbildung 6 temperaturabhängige Ergebnisse für den Kupferwerkstoff Cu-HCP gezeigt. Komplexere Auswertungsmethoden erlauben zudem die Ermittlung zeitunabhängiger und zeitabhängiger Kennwerte wie

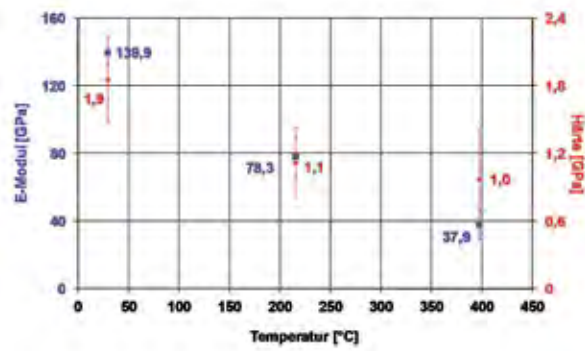


Abbildung 6: Nanoindentationsergebnisse für Cu-HCP.

z. B. der Fließspannung, des Verfestigungsexponenten oder sogar der Viskosität von Festkörpern. Dazu werden oftmals Finite-Elemente- Simulationen mit experimentellen Messwerten kombiniert und auf diese Weise Gleichungen ermittelt, die es erlauben Rückschlüsse auf die genannten Materialparameter zu ziehen. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von einer inversen Analyse. Mit dem Einsatz numerischer Simulationen kann man jedoch, selbst bei realitätsnaher Materialmodellierung, nicht von einer exakten Parameterberechnung sprechen, sondern vielmehr von einer näherungsweise Abschätzung, welche aber oftmals zur ersten Charakterisierung ausreicht.

Die Nanoindentation ist ein Werkzeug, welches es erlaubt, anhand eines einzigen Versuches zahlreiche Parameter eines Werkstoffes zu ermitteln. Vor allem für elasto-plastische Materialien können die elastischen Kennwerte, wie z. B. E relativ sicher bestimmt werden. Darüber hinaus zeigen vor allem die Ermittlungen temperaturabhängiger und teilweise auch plastischer Parameter die Bedeutung und Einsatzmöglichkeiten dieses Verfahrens.

Die Ramanspektroskopische Untersuchungsmethode

Der bei der Ramanspektroskopie beobachtbare physikalische Effekt beruht auf einer Modulation der auf ein Probenmaterial eingestrahltten elektromagnetischen Welle durch die Molekülschwingungen des Materials. Bei der spektralen Auswertung des rückgestreuten Lichts zeigt sich diese Modulation durch einen oder mehrere schwache Peaks in spektraler Nähe der Anregungswellenlänge (siehe Abbildung 7, rechts). Die dabei für die Dehnungsmessung relevante Größe, der sog. „Morphic Effect“, beruht auf einer spektralen Verschiebung dieser Modulation, wenn das Probenmaterial mechanischen Dehnungen ausgesetzt ist und kann anhand gruppentheoretischer Überlegungen beschrieben werden [6]. Die Spektralverschiebung wird in erster Näherung in linearer Weise an die Kristalldehnungen geknüpft, die durch äußere Kräfte und Momente, aber auch durch andere Ursachen (wie z. B. Strahlung und Magnetismus) entstehen können.

Bei der Mikro-Ramanspektroskopie wird der Durchmesser des verwendeten Laserstrahls über entsprechende optische Linsen auf einen Durchmesser von ca. einem Mikrometer fokussiert (siehe Abbildung 7, links), wodurch man in der Lage ist, mit einer lateralen Ortsauflösung im Mikrometerbereich die Dehnungen und mit Hilfe eines relevanten Materialgesetzes auch die Spannungen in einem opaken Materialien zu detektieren. Der im Spektrographen rekordierte Peak besitzt eine Auflösung von 1,23 cm⁻¹/Pixel und wird numerisch mit dem Algorithmus der kleinsten Fehlerquadrate an einen Gauß-Lorentz Verlauf angepasst, aus dem man die Halbwertsbreite, die Intensität und die genaue Lage erhält. Mit Kenntnis der auf diese Weise ausgewerteten spektralen Verschiebung lassen sich Rückschlüsse auf den Dehnungszustand im Rückstreuolumen treffen. Als Ausgangsgleichung dient die Lösung des Eigenwertproblems der harmonischen Kristallgitterschwingungen (Phononen). Darin beschreiben die für einkri-

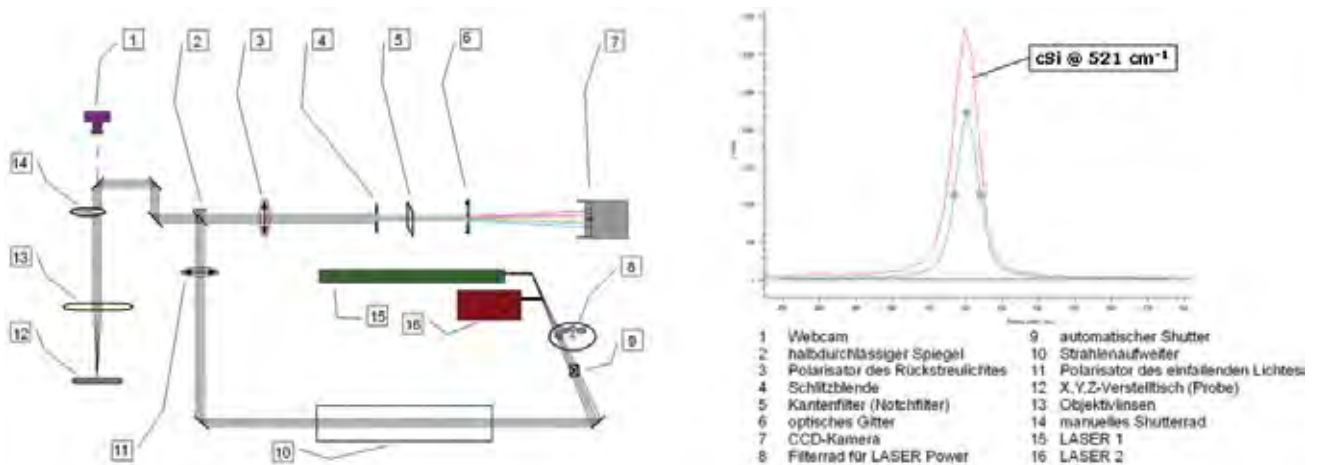


Abbildung 7: Der Strahlengang der Mikro-Ramanapparatur (links) und ein typischer Ramanpeak von einkristallinem Silizium (rechts).

stalline, kubische Stoffe relevanten Materialkonstanten p, q, r [7] den Einfluss der Dehnungen ϵ_{ij} :

$$\det \begin{vmatrix} p\epsilon_{xx} + q(\epsilon_{yy} + \epsilon_{zz}) - \lambda & 2r\epsilon_{xy} & 2r\epsilon_{xz} \\ 2r\epsilon_{xy} & p\epsilon_{yy} + q(\epsilon_{xx} + \epsilon_{zz}) - \lambda & 2r\epsilon_{yz} \\ 2r\epsilon_{xz} & 2r\epsilon_{yz} & p\epsilon_{zz} + q(\epsilon_{yy} + \epsilon_{xx}) - \lambda \end{vmatrix} = 0$$

Die Eigenwerte des charakteristischen Polynoms $\lambda=2\omega_0\Delta\omega$ beinhalten die Grundeigenkreisfrequenz (diese ist von Stoff zu Stoff verschieden und liegt für Silizium bei ca. 521 cm^{-1} , ausgedrückt in relativen Wellenzahlen) und eine, wie oben beschriebene experimentell messbare Verschiebung $\Delta\omega$. Über die Annahme eines ebenen Verzerrungszustandes ohne Scherdehnungen an der Oberfläche der Probe, ist das charakteristische Polynom nun eindeutig nach den verbleibenden Dehnungstensoranteilen auflösbar und so ein skalarer Zusammenhang zwischen der spektralen Verschiebung des Rückstreulichts und der entsprechenden Dehnung herzustellen. Unter Anwendung des Hookeschen Gesetzes $\sigma_{ij}=C_{ijkl}\epsilon_{kl}$ resultieren die zugehörigen Spannungstensoreinträge. Zur Verdeutlichung der Anwendbarkeit dieser Methode dient demonstrativ ein Biegeversuch mit einer 3-Punkt-Biegevorrichtung, wobei das Dehnungs-/Spannungsfeld im Querschnitt einer Platte (bestehend aus einkristallinem Silizium) gemessen wird.

Spannungsmessung einer miniaturisierten Drei- Punkt-Biegung

Um das Spannungsfeld im Querschnitt einer miniaturisierten Drei-Punkt-Biegeprobe zu erfassen, wurde eine am Institut speziell entworfene Biegevorrichtung für die definierte Belastung von $4,7\text{mm} \times 4,1\text{mm} \times 0,29\text{mm}$ großen Siliziumplättchen eingesetzt. Sie ist in das institutseigene Mikro- Ramanspektrometer der Firma Renishaw® integriert. Zwei kalibrierte Dehnmessstreifen (DMS) innerhalb der Biegevorrichtung erfassen die anliegende Biegekraft auf die Probe (siehe Abbildung 8, links). Die in der so

kombinierten Messung ermittelten Spannungswerte mit dem Ramanspektrograph stehen in sehr guter Übereinstimmung ($\pm 7,8 \text{ MPa}$) zur FE-Simulation (Abbildung 8, Mitte) und zur analytischen Lösung des Drei-Punkt- Biegeproblems. Entsprechend der elementaren Festigkeitslehre bilden sich Zugspannungen (rot dargestellt) und Druckspannungen (blau darstellt) um eine mittig liegende neutrale Faser aus (Abbildung 8, rechts).

Dehnungsmessung einer Mikro-Balkenbiegung in einem Atomkraftmikroskop

Um das Materialverhalten immer kleiner werdender Bauteile untersuchen zu können, behilft man sich eines Atomkraftmikroskops. Es gelingt in den Bereich des Verformungsverhaltens von (Sub-) Mikrostrukturen vorzudringen [8], [9]. Untersucht werden konkret Miniaturbalken aus einkristallinem (001) Silizium mit einer [110] Orientierung entlang der Balkenachse und verschiedenen Höhen von jeweils 1 bis $7 \mu\text{m}$. Ein neuartiger Glas-Cantilever im laserreflektiven AFM der Firma Nanonics© belastet die einseitig fest angebrachten Mikrobalken an ihrem freien Ende (siehe Abbildung 9, links), wobei die Kraft-Weg Daten des AFMs genutzt werden, um Rückschlüsse auf den Kraft- Durchbiegungszusammenhang (welcher in der Größenordnung von μN und μm liegt) zu ziehen.

Der unter statischer Belastung und zeitgleich mit dem integrierten Ramanspektroskop gemessene Dehnungsverlauf an der Oberfläche eines solchen Mikrobalkens ist im Abbildung 9 rechts dargestellt. Mit den vom Hersteller angegebenen Geometriedaten eines geprüften Si-Mikrobalkens, welcher in seinem Querschnitt trapezförmig ist, wird mit den aufgezeichneten Messdaten der aufgebrachtten Kraft F , der Durchbiegung $w(x=L)$ und der Dehnung ($x=0$) der Biege- und der E-Modul bestimmbar. Darüber hinaus werden gerade mit der zusätzlichen Kenntnis der Dehnungswerte aus dem Experiment auch E-Modul unabhängige und kraftunabhängige Zusammenhänge im Biegeverhalten untersuchbar.

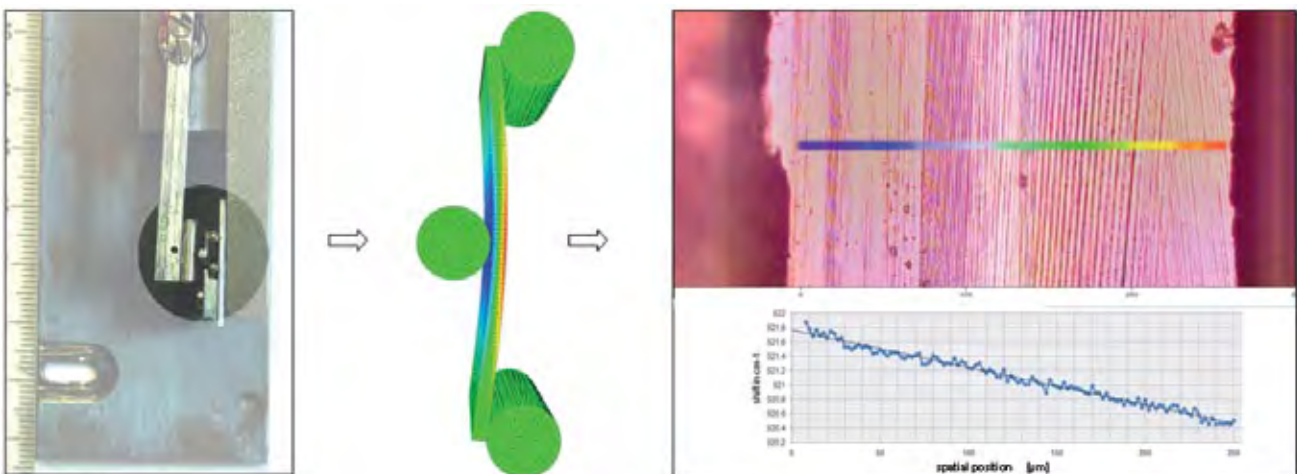


Abbildung 8: Die miniaturisierte 3-Punkt Biegevorrichtung (links). FE-Simulation des Dehnungsfeldes (Mitte). Der ramanspektroskopisch gemessene Dehnungsverlauf über dem Querschnitt des Probenplättchens (rechts). Blau=Druck, Rot=Zug

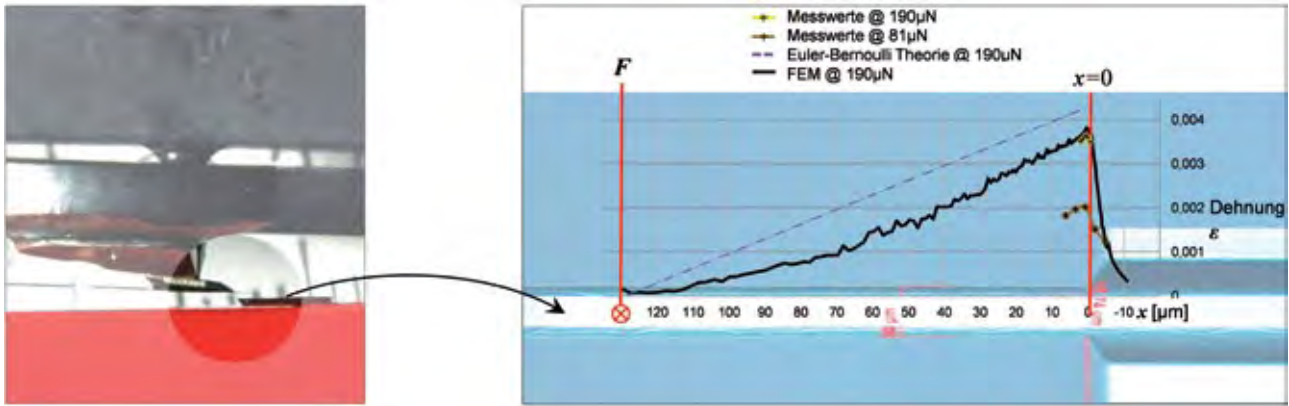


Abbildung 9: Der Aufbau im AFM. Der Glas-Cantilever überhalb des Si-Mikrobalkens (links). Rechts: Eine Vergrößerung des Si-Mikrobalkens aus, mit den darauf projizierten Dehnungsmessungen via Ramanspektroskopie.

Ausblick

Mit der Drei-Punkt-Biegetechnik und der Mikrobalkenbiegung im AFM sollen zudem viskoelastische Kenngrößen gewonnen werden. Diese können wiederum mit denen der erweiterten Auswertung der Nanoindentationsversuche verglichen werden. Es ist sogar vorstellbar, dass der Nanoindenter selbst zur aktiven Balkenbiegung verwendet werden kann. Mit Hilfe der ramanspektroskopischen Methode der Dehnungsmessung an Oberflächen mikrometer- dimensionierter Bauteile ramansensitiven Materials soll der Größeneffekt als Einflussgröße auf das Verformungsverhalten auf der Mikro- und insbesondere auf der Nanoskala beschrieben werden. Ein in nicht-lokalen Dehnungsgradiententheorien der linearen Elastizität begründbarer Größeneffekt wirkt sich bei Unterschreitung eines gewissen Bereiches von äußeren Abmaßen stark auf das Materialverhalten aus [10]. Die Kenntnis um das Ausmaß eines solchen Größeneffektes und eines Viskositätseinflusses ist für die mechanische Integration verschiedenster Materialien in die Mikro- und in die Nanosystemtechnik von großer Bedeutung.

Die Forschungsarbeiten werden teilweise von der DFG gefördert. Den Herren Dipl.-Ing. Christian Liebold und Holger Worrack ist für große Hilfe bei der Erstellung des Manuskripts zu danken.

Literatur

- [1] Chen, S.H., Liu, L., Wang, T.C. (2007). Small scale, grain size and substrate effects in nano-indentation experiment of film-substrate systems. *International Journal of Solids and Structures*, 44, pp. 4492-4504.
- [2] Sterthaus, J., Parameteridentifikation an metallischen Werkstoffen basierend auf numerischen Simulationen und instrumentierter Eindringprüfung. Dissertation TU Berlin, 2008.
- [3] Müller, W.H., Worrack, H. (2009) Experimental Studies of the Temperature Dependence of Mechanical Solder Material Properties Using Nanoindentation. *Proceedings of EPTC, Singapur*, pp. 64-69.
- [4] Pharr, G.M., Oliver, W.C. (1992). An Improved Technique for Determining Hardness and Elastic Modulus Using Load and Displacement Sensing Indentation Experiments. *Journal of Materials Research*, 7 (6) ,pp. 1564-1583.
- [5] Fischer-Cripps, A. (1970). Nanoindentation. *Mechanical Engineering Series*, Springer, New York.
- [6] Ganesan, S., Maradudin, A. A., Oitmaa, J. (1970). A Lattice Theory of Morphic Effects in Crystals. *Annals of Physics*, 56, pp. 556-594.
- [7] De Wolf, I. (1998). Mechanical stress measurements using micro-Raman spectroscopy. *Microsystem Technologies*, 5, pp. 13-17.
- [8] Hak, J.L., Ki, H.C., Jae, H.K., Seung, W.H., Byung, I.C., Chang, Wook, B., Jong, M.K., Sung, H.C. (2005). Force- calibrated AFM for Mechanical Test of Freestanding Thin Films. *Key Engineering Materials*, 297-300, pp. 275-279.
- [9] Lübke, J., Doering, L., Reichling, M. (2012). Precise determination of force microscopy cantilever stiffness from dimensions and eigenfrequencies. *Meas. Sci. Technol.*, 23 045401 (9pp).
- [10] Kong, S., Zhou, S., Nie, Z., Wang, K. (2009). Static and dynamic analysis of micro beams based on strain gradient elasticity theory. *International Journal of Engineering Science*, 47, pp. 487-498.



Wolfgang H. Müller studierte von 1977-1982 Physik an der Technischen Universität Berlin. Der Schwerpunkt seiner Diplomarbeit lag auf kontinuumsmechanischen Fragestellungen. 1986 promovierte er am Fachbereich Physikalische Ingenieurwissenschaft der TU Berlin mit einer Arbeit zur Bruchmechanik und Werkstoffmodellierung umwandlungsverstärkter Keramiken. Es folgten Postdoczeiten in Stanford und Santa Barbara sowie Lehr- und Wanderjahre durch die Industrie. 1993 erging ein Ruf auf eine C2- Hochschuldozentur für Strukturmechanik an der Universität Paderborn, wo er sich 1997 mit einer Arbeit zur Mikromechanik heterogener Werkstoffe habilitierte. 1998 erfolgte ein Ruf an die Heriot-Watt University in Edinburgh-Schottland, zunächst als Reader for Mechanical Engineering und schließlich 1999 als Full Professor and Chair of Mechanical Engineering. 2001 folgte er einem Ruf an die TU Berlin auf die Professur für Kontinuumsmechanik und Materialtheorie. Sein Hauptarbeitsgebiet war und ist die Kombination kontinuumsmechanischer Modellvorstellungen mit einschlägigen Experimenten an Festkörpern.

RUNDBRIEF READERS

Save 30% on these SIAM titles:

The Statistical Theory of Linear Systems

E. J. Hannan and Manfred Deistler

Classics in Applied Mathematics 70

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

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

Computational Matrix Analysis

Alan J. Laub

Using an approach that its author calls "matrix analysis for grown-ups," this new textbook introduces fundamental concepts of numerical linear algebra and their application to solving certain numerical problems arising in state-space control and systems theory. Written for advanced undergraduate and beginning graduate students, the book provides readers with a one-semester introduction to numerical linear algebra, an introduction to statistical condition estimation in book form for the first time, and an overview of certain computational problems in control and systems theory

2012 • xiv + 154 pages • Softcover • ISBN 978-1-611972-20-7 • List \$47.00 • Rundbrief Reader Price \$32.90 • OT125

Physics and Partial Differential Equations, Volume I

Tatsien Li and Tiehu Qin, Translated by Yachun Li

This classic title bridges 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. 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.

2012 • x + 264 pages • Softcover • ISBN 978-1-611972-26-9 • List \$79.00 • Rundbrief Reader Price \$55.30 • OT126

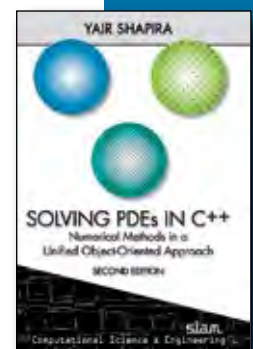
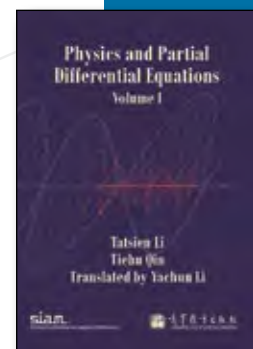
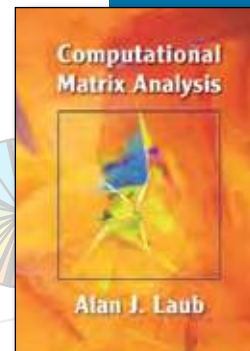
Solving PDEs in C++: Numerical Methods in a Unified Object-Oriented Approach, Second Edition

Yair Shapira

Computational Science and Engineering 9

This much-expanded second edition presents new applications and a substantial extension of the original object-oriented framework, making this popular and comprehensive book even easier to understand and use. It introduces the C and C++ programming languages and shows how to use them in the numerical solution of partial differential equations. Includes new material on 3-D nonlinear applications and image processing applications, cryptography applications, and new sections, many including additional algorithms.

2012 • xxxii + 776 pages • Softcover • ISBN 978-1-611972-16-0 • List \$139.00 • Rundbrief Reader Price \$97.30 • CS09



siam. SOCIETY FOR INDUSTRIAL AND APPLIED MATHEMATICS

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

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

Or send check or money order in US dollars to: SIAM, Dept. BKG12, 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 "BKG12" to get special discount price.

ORDER ONLINE:
WWW.SIAM.ORG/CATALOG

7/12_2

Dr. Christina Völlmecke schloss als beste Absolventin das Studium der Fachrichtung Bauingenieurwesen an der Universität Kassel ab. Ihre Diplomarbeit verfasste sie bei Clark Smith Partnership in London, bei dem sie im Anschluss eine Anstellung annahm. Ein knappes Jahr später begann sie ihr Studium zum Master of Science in General Structural Engineering am Imperial College London, welches sie parallel zu ihrer praktischen Tätigkeit im Ingenieurbüro mit Auszeichnung abschloss. Direkt im Anschluss begann sie ihre Promotion über das Beul- und Nachbeulverhalten delaminierter Platten am Imperial College, welche sie 2010 erfolgreich verteidigte. Seit 2009 ist Frau Völlmecke als Oberingenieurin am Lehrstuhl für Kontinuumsmechanik und Materialtheorie des Instituts für Mechanik der Fakultät V der Technischen Universität Berlin angestellt. Neben der analytischen und numerischen Berechnung des Stabilitäts- und Versagensverhaltens von Leichtbaustrukturen unter Berücksichtigung geometrischer Nichtlinearitäten gilt ihr Interesse insbesondere den Faserverbundwerkstoffen.

Ihre Begeisterung an der Mechanik entwickelte sich bei Christina Völlmecke schon zu Beginn ihrer akademischen Laufbahn. Während des Studiums des Bauingenieurwesens an der Uni-versität Kassel, welches sie in 2004 als beste Absolventin der 1. Studienstufe abschloss, war sie bereits als studentische Hilfskraft am Fachgebiet Leichtbau und Struktur-dynamik sowie im Fachgebiet Baustatik tätig. Ihr Weg führte sie anschließend nach London, wo sie ihre Abschlussarbeit über die Konstruktion einer Tiefgarage in einem Ingenieurbüro verfasste, bei dem sie im Anschluss eine Anstellung als Statikerin annahm. Jedoch zog es Frau Völlmecke schnell wieder zurück an die Uni-versität und sie graduierte 2006 mit Auszeichnung im Master of Science in General Structural Engineering vom Department of Civil and Environmental Engineering am Imperial College London. Direkt im Anschluss begann sie ihre Doktorarbeit über das Beul- und Nachbeulverhalten delaminierter Platten an selbiger Einrichtung unter der wissenschaftlichen Betreuung von Dr. M. A. Wadee. Der Schwerpunkt der Promotion lag im Wesentlichen auf der (semi-)analytischen Betrachtung der stabilitätstheoretischen Phäno-mene von allseitig gelenkig gelagerten Platten mit Delamination unter axialer Druckbelastung. Auf Basis eines mechanischen Plattenersatzmodells unter Berücksichtigung geometrischer Nichtlinearitäten wurden die Gleichgewichtspfade mittels Energieminimierung erfasst. Eine umfangreiche analytische Studie zum Einfluss verschiedener geometrischer Parameter folgte und schließlich wurde durch einen Algorithmus, der die Vergrößerung des interlaminaren Defekts vorsah, das Modell wesentlich erweitert [1]. Der Vorteil des mechanischen Ersatzmodells besteht im Wesentlichen darin, dass eine detaillierte Parameterstudie insbesondere nach dem kritischen Plattenbeulen schnell möglich ist und somit das Stabilitätsverhalten der Platten und

ihre Restkapazitäten effizient ergründet werden kann [2]. In 2009 nahm Frau Völlmecke eine Anstellung als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl von Prof. W. H. Müller,

STECKBRIEF



Fachgebiet Kontinuumsmechanik und Materialtheorie (LKM), Institut für Mechanik, Fakultät V, der TU Berlin an und kehrte somit nach Deutschland zurück. Kurz darauf verteidigte sie erfolgreich ihre Dissertation und hält jeher ihre Beziehungen zum Imperial College aufrecht. Erst kürzlich hat sie gemeinschaftlich mit ihrem Doktorvater erste, wegbereitende Ergebnisse hinsichtlich der zugrundeliegenden Mechanismen beim sog. kinkbanding von laminierten Strukturen erzielt, ein Versagensmechanismus bei dem die unidirektionalen Einzelschichten simultan ausbrechen [3]. Der rein analytischen Formulierung liegt ebenfalls ein Ersatzmodell zugrunde, siehe Abbildung 1, auf dem die geometrischen und mechanischen Zusammenhänge zur Evaluierung des Gesamtpotentials des Systems basieren. Im Laufe ihrer Tätigkeit an der TU Berlin hat Frau Völlmecke ihre In-

teressen auf sog. functionally graded materials erweitert. Diese Materialien zeichnen sich dadurch aus, dass die Materialkenndaten über den Querschnitt funktionell abgestuft sind, was z. B. durch eine Mischung verschiedener Materialien bzw. eine veränderliche Porengröße in Schäumen erzielt werden kann. Diese finden z. B. in Sandwichstrukturen Verwendung, um u. a. Delaminationen entgegenzuwirken. Durch den zugrundeliegenden Aufbau dieser Konstruktionselemente kommt es bei unter axialer Druckbelastung stehenden Stützen und dem Auftreten eines Stabilitätsverlust zu einer modalen Interaktion zwischen dem sog. globalem Euler-Knickens und des lokalen Knickens der Deckschichten, siehe Abbildung 2. Dies kann zu einer zweiten Bifurkation (Verzweigungstelle) im elastischen Nachbeulverhalten führen, welche ein instabiles und somit schlagartiges Versagen des Bauteils zur Folge haben kann [4]. Diese

Arbeiten sind derzeit Gegenstand internationaler Kooperationen und werden in Kürze durch skalenübergreifende Formulierungen für metallische Schaumkerne erweitert. Auch auf den Bereich der numerischen Simulation von Festkörpern und Strukturen hat Frau Völlmecke ihre Kompetenzen ausgedehnt. Mit Hilfe der variationellen Formulierung der schwachen Gleichgewichtsbedingung finden derzeit umfangreiche Simulationen zum Verhalten von functionally graded materials unter verschiedenen Bela-

stungsformen statt [5]. Diese Forschungstätigkeiten werden von ihr erfolgreich im Rahmen eines internationalen Forschungsprojektes angeleitet. Aber auch die Modellierung von Faserverbundstrukturen unter Berücksichtigung großer Verformungen zur Unterstützung der analytischen Modelle sind derzeit Gegenstand diverser intensiver Forschungsaktivitäten, bei denen erste, wegweisende Ergebnisse bereits erzielt worden sind.

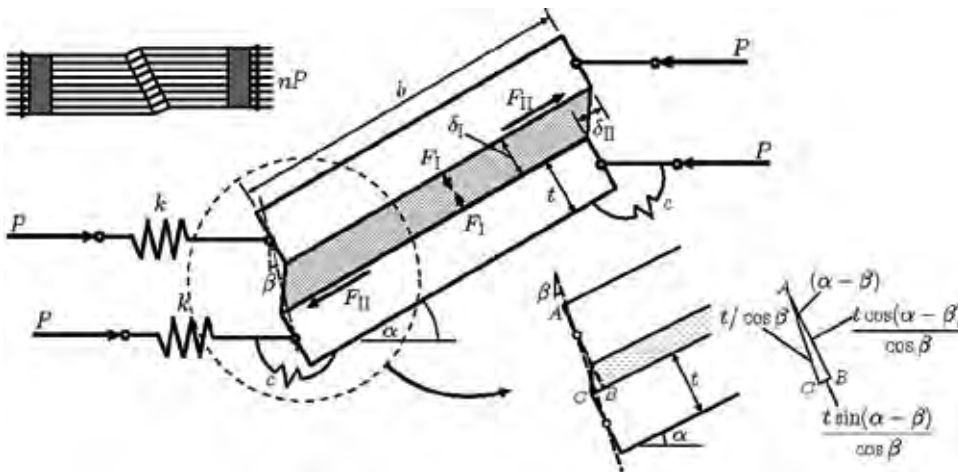


Abbildung 1: Das mechanische Ersatzmodell zur analytischen Ergründung des Versagensphänomens kink-banding in Faserverbundstrukturen mittels Energieminimierung [3].

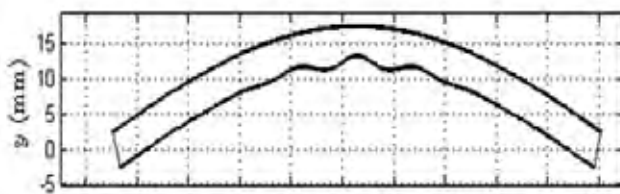


Abbildung 2: Modale Interaktion des globalen Stabknickens und lokalen Plattenbeulens der Deckschichten einer Sandwichstütze unter axialer Druckbelastung [4].

Literatur

- [1] Wade MA, Völlmecke C. Semi-analytical modelling of buckling driven delamination in uniaxially compressed damaged plates, IMA Journal of Applied Mathematics, 76 (1): 120-145, 2011.
- [2] Völlmecke C. Residual capacities of uniaxially compressed, delaminated composite panels, Proceedings in Applied Mathematics and Mechanics, 10 (1), 135-136, 2010.
- [3] Wade MA, Völlmecke C, Haley JF, Yiatros S. Geometric modelling of kink banding in laminated structures, Philosophical Transactions of the Royal Society A, 370 (1965): 1827-1849, 2012.
- [4] Yiatros S, Völlmecke C, Wade MA. Modelling of interactive buckling in sandwich struts with functionally graded cores. Eingereicht bei: Journal of Engineering Mechanics, 2012.

- [5] Abali BE, Völlmecke C, Woodward B, Kashtalyan M, Guz I, Müller WH. Numerical modeling of functionally graded materials using a variational formulation. Continuum Mechanics and Thermodynamics, 2012.

Kontakt

Dr. Dipl.-Ing. Christina Völlmecke (PhD MSc DIC)
Lehrstuhl für Kontinuumsmechanik und Materialtheorie
Sekt. MS2, Institut für Mechanik, Fakultät V, TU Berlin
Einsteinufer 5
10587 Berlin
E-mail: christina.voellmecke@tu-berlin.de

FACHGRUPPE COMPUTERALGEBRA FEIERT 25-JÄHRIGES BESTEHEN



Eva Zerz



Florian Hess



Wolfram Koepf

Die Fachgruppe Computeralgebra in Deutschland wurde 1987 gegründet. Die Initiative dazu ging aus u.a. von Albrecht Blaser (Heidelberg), Benno Fuchssteiner (Paderborn), Reiner Janßen (Heidelberg), Joachim Neubüser (Aachen) und wurde unterstützt von Willi Törnig (Darmstadt) und Wolfgang Walter (Karlsruhe). Es galt, der stürmischen Entwicklung dieses Gebietes im Überlappungsbereich von Informatik, Mathematik und Anwendungsgebieten in den Natur-, Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaften eine gemeinsame Plattform zu geben. Die Fachgruppe wird gemeinsam getragen von der GI (Gesellschaft für Informatik), der DMV (Deutsche Mathematiker-Vereinigung) und der GAMM, wobei die Beziehung zu Letzterer in den vergangenen Jahren nicht sehr eng war.

Die Computeralgebra ist ein Wissenschaftsgebiet, das sich mit Methoden zum Lösen mathematisch formulierter Probleme durch Algorithmen zum symbolischen und algebraischen Rechnen, deren Umsetzung in Soft- und Hardware und ihren Anwendungen beschäftigt. Computeralgebra beruht auf der exakten endlichen Darstellung endlicher oder unendlicher mathematischer Objekte und Strukturen und ermöglicht deren symbolische und formelmäßige Behandlung durch einen Computer. Das Rechnen mit beliebig langen Zahlen, mit Symbolen und Unbestimmten, das Faktorisieren von Zahlen und Polynomen, das symbolische Differenzieren, das Auffinden von Stammfunktionen, das exakte Lösen polynomieller Gleichungssysteme oder von Differentialgleichungen sind einige konkrete Beispiele für Problemstellungen in der Computeralgebra. Diese verschiedenartigen Beispiele haben eines gemeinsam: Im Gegensatz zur numerischen Mathematik mit ihrer Gleitkomma-Arithmetik und Rundungsfehlerproblematik stehen hier exakte algebraische Rechnungen sowie die symbolische Manipulation von Formeln im Mittelpunkt.

Die Fachgruppe sieht es als ihre Aufgabe an, Forschung, Lehre und Entwicklung, Anwendungen, Informationsaustausch und Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Computeralgebra zu fördern. Zur Umsetzung dieser Ziele übernimmt die Fachgruppe eine Vielzahl von Aufgaben:

- Sie betreibt im Internet eine Homepage unter der URL <http://www.fachgruppe-computeralgebra.de> mit interessanten und aktuellen Informationen rund um die Computeralgebra und die Aktivitäten der weltweiten Gemeinde der Computeralgebraiker.
- Die Fachgruppe gibt den Computeralgebra-Rundbrief heraus, der zweimal im Jahr erscheint und an die Mitglieder versandt wird. Der Rundbrief steht, mit Ausnahme der jeweils aktuellen Ausgabe, auch auf der Homepage zur Verfügung. Im Jahr der Mathematik 2008 erschien ein umfangreiches Sonderheft für die

Zielgruppe Schüler und Lehrer, das an allen Gymnasien in Deutschland verteilt wurde.

- Sie organisiert und unterstützt Workshops, Seminare, Tagungen und andere Aktivitäten auf dem Gebiet der Computeralgebra. So wurde 2003, 2005, 2007, 2009 und 2012 jeweils eine dreitägige Computeralgebra-Tagung veranstaltet, bei der es neben eingeladenen Hauptvorträgen etablierter Wissenschaftler auch zahlreiche Doktorandenvorträge sowie mehrere Software-Präsentationen gab. Für den besten Vortrag eines Nachwuchswissenschaftlers wird regelmäßig ein Preis in Höhe von 500 Euro vergeben. Auch internationale Konferenzen finden unter Federführung der Fachgruppe statt. Zum Beispiel konnte die 35. Ausgabe des renommierten „International Symposium on Symbolic and Algebraic Computation (ISSAC)“ im Jahr 2010 wieder einmal nach Deutschland geholt werden. Im Jahr 2011 organisierte die Fachgruppe eine Tagung, die sich insbesondere an Anwender von Computeralgebra in der Industrie wandte.
- Weiterhin beteiligt sich die Fachgruppe aktiv an der Diskussion um die Stellung der Computeralgebra in der Ausbildung in Schule und Hochschule, zum Beispiel im Arbeitskreis „Mathematikunterricht und Informatik“ der GDM (Gesellschaft für Didaktik der Mathematik).

Die Koordination dieser Aktivitäten und die Herausgabe des Rundbriefs liegt in den Händen der Fachgruppenleitung. Dieses Gremium hat mindestens zwölf Mitglieder. Von jeder beteiligten Trägergesellschaft wird ein Vertreter benannt; Vertreterin der GAMM ist Sandra Klinge (Bochum). Die restlichen neun werden von den Mitgliedern der Fachgruppe gewählt. Die Amtszeit der Fachgruppenleitung beträgt drei Jahre. Die Ordnung der Fachgruppe sieht weiterhin vor, dass bis zu drei weitere Fachexperten in die Fachgruppenleitung berufen werden können. Derzeit sind dies je ein Fachexperte für industrielle Anwendungen, für Lehre und Didaktik, sowie für den Bereich Schule. Die 2011 neu gewählten Sprecher der Fachgruppe sind Eva Zerz (Aachen) und Florian Heß (Oldenburg). Die Mitgliedschaft in der Fachgruppe steht prinzipiell allen offen. Die Fachgruppe strebt aber an, dass jedes ihrer Mitglieder auch Mitglied in mindestens einer der Trägergesellschaften ist. Der Jahresbeitrag beträgt derzeit 7,50 Euro für Mitglieder einer der Trägergesellschaften, sonst 9 Euro. Zur Zeit hat die Fachgruppe rund 400 Mitglieder.

Die Fachgruppenleitung würde es sehr begrüßen, wenn sich die Zusammenarbeit mit der GAMM in den kommenden Jahren intensivieren ließe, beispielsweise durch eine aktive Beteiligung der Fachgruppe an einer der nächsten Jahrestagungen.

OPTIMALE STEUERUNG IN DER ELASTOPLASTIZITÄT

VON ROLAND HERZOG, CHRISTIAN MEYER UND GERD WACHSMUTH

Elastoplastische Umformprozesse sind die Grundlage vieler Fertigungsverfahren. Ein typisches Beispiel dafür ist das Tiefziehen von Blechbauteilen im Automobilbereich. Um die Konstruktion von Umformwerkzeugen zu unterstützen und zu beschleunigen, greift man auf numerische Simulationen zurück. Eine zuverlässige Simulation von Umformprozessen basiert in erster Linie auf einer adäquaten Modellierung. Diese muss insbesondere große Deformationen (geometrisch nichtlineare Theorie) und Reibkontakt am Werkstück berücksichtigen. Das Materialmodell muss die elastischen und plastischen Verformungen bei großen Deformationen gut wiedergeben. Auch die Verfestigung des Materials beim plastischen Fließen (Bauschinger-Effekt) muss im Modell Berücksichtigung finden. Schließlich können, z.B. bei gewalzten Blechen, anisotrope Effekte auftreten.

Problem der Rückfederung

Eine wesentliche Schwierigkeit beim Design von Umformprozessen ist das Phänomen der Rückfederung, siehe z.B. [17, 1, 3, 16]. Darunter versteht man, dass sich die Verformung eines plastisch verformten Körpers bei Wegnahme der Last teilweise zurückbildet. Zu erklären ist dies mit einer teilweisen Freigabe der elastischen Energie, die beim Aufbringen der Last aufgenommen wurde. Folglich muss das Werkstück während des Prozesses über die gewünschte Form hinaus verformt werden, um die anschließende Rückfederung zu kompensieren. Der Entwurf von Umformwerkzeugen erfordert daher oft mehrere Korrekturzyklen am realen oder virtuellen Prozess und stellt damit einen Zeit- und Kostenfaktor dar. Erstrebenswert ist deshalb eine rechnergestützte Optimierung von Umformprozessen, aufbauend auf einer Simulation, siehe z.B. [2].

Ziel unserer Forschung ist die mathematische Untersuchung von Optimierungsaufgaben für Umformprozesse. Solche Aufgaben definieren sich über die Festlegung der Optimierungsvariablen, die Zielfunktion (Gütekriterium) und Nebenbedingungen:

$$\text{Minimiere } F(u, \sigma) \text{ unter } (u, \sigma) = S(p).$$

Hierbei bezeichnet u das (zeitabhängige) Verschiebungsfeld, σ die Spannungen und p die Prozessparameter, wie etwa Haltekräfte und die Werkzeuggeometrie. Der Zusammenhang $(u, \sigma) = S(p)$ beschreibt die Verschiebung und Spannung in Abhängigkeit dieser Parameter und wird in der praktischen Rechnung mit Hilfe einer FE-Simulation ausgewertet. Gesucht ist eine Belegung der Variablen $(u,$

$\sigma, p)$, sodass die Zielfunktion $F(u, \sigma)$ unter Einhaltung der Nebenbedingung minimal wird. Die Zielfunktion bewertet beispielsweise die Abweichung des umgeformten Werkstücks von der gewünschten Form oder die im Werkstück verbleibenden Eigenspannungen. Auch eine Parameteridentifikation lässt sich als eine solche Aufgabe verstehen, wobei die Zielfunktion dann die Diskrepanzen zwischen Messwerten und Modellvorhersage z.B. im Sinne kleinster Quadrate bewertet.

Ableitungsbasierte Optimierungsverfahren

Da die Simulation die zu den Prozessparametern p gehörenden Verschiebungen und Spannungen (u, σ) eindeutig bestimmt, wird im Folgenden die reduzierte Optimierungsaufgabe

$$\text{Minimiere } G(p) = F(S(p)).$$

betrachtet. Da die Optimierungsparameter p in der Regel Funktionen enthalten, werden diese nun diskretisiert und z.B. durch Knotenwerte oder Geometrieparameter ersetzt. Das Ergebnis ist eine endlich-dimensionale Optimierungsaufgabe. Aufgrund der typischerweise hohen Dimension des Parameterraumes haben ableitungsbasierte Optimierungsverfahren erhebliche Vorteile gegenüber ableitungsfreien Methoden. Ein Überblick über ableitungsbasierte Verfahren wird in [6] gegeben. Dazu zählen Quasi-Newton-Verfahren wie BFGS, nichtlineare CG-Verfahren wie Polak-Ribière und als einfachster Vertreter das Gradientenverfahren.

Nichtglattheit in der Simulationsaufgabe

Die Anwendung ableitungsbasierter Optimierungsverfahren auf Aufgaben mit elastoplastischen Umformprozessen ist nicht unproblematisch. Dies liegt in der fehlenden Differenzierbarkeit der Abbildung $p \rightarrow S(p)$ begründet. Ändert man also die Prozessparameter p , so verändern sich die aus einer FE-Simulation errechneten Spannungen σ und Verschiebungen u möglicherweise in nicht-differenzierbarer Art und Weise. Dieses Verhalten entsteht einerseits durch die verwendeten Materialmodelle und andererseits durch das Kontaktproblem.

Wir wollen diese nicht offensichtliche Problematik am sogenannten Hindernisproblem näher erläutern, das ein vereinfachtes statisches Kontaktproblem ohne Reibung zwischen einer angenommenen elastischen Membran und einem festen Hindernis modelliert. Gesucht ist die Verschiebung $u(x)$ der hier eindimensional angenommenen Membran $\Omega = [0; L]$ unter der Last $f(x)$, siehe Abbildung 1.

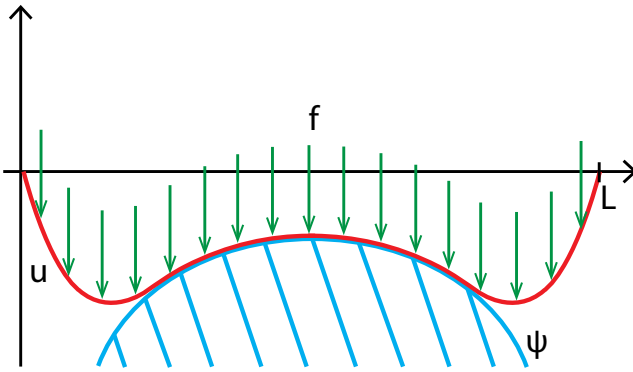


Abbildung 1: Zum eindimensionalen Hindernisproblem.

Der einfachste Zugang zum zugehörigen mathematischen Modell führt über das Prinzip der Minimierung der Formänderungsenergie bei linearer Spannungs-Dehnungs-Beziehung:

$$\frac{1}{2} \int_0^L c u'(x) u'(x) dx - \int_0^L f(x) u(x) dx \rightarrow \min. \quad (1)$$

Allerdings unterliegt diese Energieminimierung der Einschränkung

$$u \in K := \{u : [0, L] \rightarrow \mathbb{R}, \text{ für die gilt: } u(x) \geq \psi(x) \text{ und } u(0) = u(L) = 0\}. \quad (2)$$

die sich aus der Forderung der Nichtdurchdringung des einseitigen Hindernisses $\psi(x)$ sowie der Einspannung am Rand ergibt. In Abwesenheit des Hindernisses würden wir eine freie Optimierungsaufgabe erhalten, deren Lösung sich gerade durch die Differentialgleichung der Biegelinie $-c u''(x) = f(x)$ mit den genannten Randbedingungen ergibt.

Die Methoden der Variationsrechnung zeigen, dass die eindeutige Verschiebungsfunktion $u \in K$ durch die *Variationsungleichung*

$$\int_0^L c u'(x) [v'(x) - u'(x)] dx - \int_0^L f(x) [v(x) - u(x)] dx \geq 0 \quad \text{für alle } v \in K$$

charakterisiert ist. In Analogie zu oben bezeichnen wir diese Verschiebung wie auch ihr Pendant aus einer FE-Simulation mit $u = S(f)$, um die Abhängigkeit von der gegebenen Streckenlast $f(x)$ auszudrücken.

Bei näherem Hinsehen zeigt sich, dass $u(x)$ nun als Projektion (bezüglich der Energie-Norm) des Minimierers des freien Problems (ohne das Hindernis) auf die zulässige Menge K interpretiert werden kann. Solche Projektionen sind nun nicht überall differenzierbar, vergleiche etwa die Projektion $x \rightarrow \max\{0; x\}$ auf die nicht-negativen Zahlen, die im Punkt $x=0$ knickt und dort nicht differenzierbar ist. Beim Hindernisproblem hat die Abbildung $f \rightarrow u = S(f)$, die die Streckenlast auf die resultierende Verschiebung abbildet, sogar unendlich viele Knicke. Zur Illustration der Nicht-Differenzierbarkeit schreiben wir die zugehörige Variationsungleichung in einer äquivalenten Form als

$$\begin{aligned} -c u''(x) &= f(x) + \lambda(x), & u(0) &= u(L) = 0, \\ u(x) - \psi(x) &\geq 0, & \lambda(x) &\geq 0, & \lambda(x) [u(x) - \psi(x)] &= 0, \end{aligned}$$

die eine weitergehende Interpretation zulässt: Die Funktion $\lambda(x)$ ist ein Lagrange-Multiplikator zur Nichtdurchdringungsbedingung $u(x) - \psi(x) \geq 0$ und kann als Kontaktkraft des Hindernisses auf die Membran aufgefasst werden. Die zweite Zeile ist eine sogenannte Komplementaritätsbedingung und zeigt an, dass diese Kraft nicht-negativ ist und echt positiv nur dort sein kann, wo die Membran am Hindernis anliegt. Man kann nun zeigen, dass die Lösungsabbildung beim Hindernisproblem $f \rightarrow u = S(f)$ immer dann nicht differenzierbar ist, wenn die Membran in einem (auch schon beliebig kleinen) Bereich am Hindernis anliegt, die Kontaktkräfte dort aber verschwinden. Das heißt, es gilt dort

$$u(x) = \psi(x) \text{ und auch } \lambda(x) = 0. \quad (3)$$

Solche kraftfreien Kontaktpunkte bezeichnet man auch als *biaktive Menge*.

Nichtglattheit in elastoplastischen Modellen

Wie bereits erwähnt, treten auch bei elastoplastischen Umformsimulationen ähnliche Nichtglattheiten in der Simulation $(u, \sigma) = S(p)$ auf, die sich durch Kontaktprobleme ähnlich dem beschriebenen Hindernisproblem, aber auch durch die verwendeten Materialmodelle erklären lassen. Bekanntlich sind elastoplastische Materialmodelle im Gegensatz zum Hookeschen Gesetz in der linearen Elastizitätstheorie *nichtlinear*. Das bedeutet, dass der Zusammenhang zwischen Spannungszustand σ und Verzerrung ε und gegebenenfalls deren zeitlicher Ableitung durch eine nichtlineare Funktion

$$\begin{aligned} \phi : \mathbb{R}_{\text{sym}}^{d \times d} \times \mathbb{R}_{\text{sym}}^{d \times d} \times \mathbb{R}^m &\rightarrow \mathbb{R}_{\text{sym}}^{d \times d} \text{ gegeben ist:} \\ \sigma &= \phi(\varepsilon, \dot{\varepsilon}, X) \end{aligned} \quad (4)$$

Dabei bezeichnet der Vektor $\chi \in \mathbb{R}^m$ gewisse innere Variablen. Möchte man anwendungsbedingt viskose Effekte nicht berücksichtigen und einen abrupten Übergang zwischen elastischem und plastischem Regime modellieren, so muss ϕ stückweise definiert werden. Die Funktion ϕ weist dann eine Knickstelle zwischen elastischem und plastischem Regime auf.

Diese Nichtglattheit im konstitutiven Gesetz überträgt sich auf die Lösungsabbildung $S: p \rightarrow (u, \sigma)$, sodass diese ebenfalls nicht überall differenzierbar ist. Einen weiteren Hinweis auf die Nichtglattheit liefert die Ungleichung der maximalen plastischen Leistung (*maximum plastic work inequality*), die vielen Materialmodellen zugrunde liegt und die eine Variationsungleichung ist. Analog zum Hindernisproblem lässt sich diese Nichtglattheit im Fall der statischen bzw. inkrementellen Elastoplastizität auch wie folgt motivieren: Im stationären Fall kann man die Lösungsabbildung S wieder als Projektion interpretieren. Hierbei wird der zugehörige rein elastische Spannungszustand, der sich unter derselben Last ergeben würde, auf die zulässige Menge projiziert, die sich nun aus der Fließbedingung ergibt. Wie im Fall des Hindernisproblems ist auch diese Projektion nicht differenzierbar, sobald eine biaktive Menge auftritt. Letztere umfasst im Fall der Elastoplastizität alle Punkte, an denen die Fließbedingung gerade mit Gleichheit erfüllt ist, der plastische Multiplika-

tor jedoch gleichzeitig verschwindet, ähnlich wie in (3). An diesen Punkten tritt keine Ver- oder Entfestigung und damit keine Veränderung der Fließfläche auf, obwohl die Fließgrenze erreicht ist. Dies bezeichnet man auch als *neutral loading*.

Während Situationen wie das *neutral loading* oder der kraftfreie Kontakt bei generischen Daten sicherlich pathologischer Natur sind, können sie sich bei der Optimierung derartiger Prozesse je nach Optimierungsziel jedoch durchaus einstellen. Möchte man beispielsweise ein Bauteil maximal belasten, gleichzeitig aber das Volumen des Bereichs, in dem das Material plastifiziert, minimieren, dann ist mit einer nicht verschwindenden biaktiven Menge zu rechnen. Möchte man analog im Fall eines Kontaktproblems kraftfreien Kontakt herstellen, etwa um den Verschleiß zu minimieren, so ist ebenfalls eine biaktive Menge zu erwarten. Wie wir oben gesehen haben, ist in diesem Fall die Lösungsabbildung S nicht differenzierbar, sodass ableitungsbasierte Optimierungsverfahren nicht ohne Weiteres anwendbar sind.

Interpretation als Bilevel-Optimierung

Genau wie sich die Lösung des Hindernisproblems als Minimierer von (1) unter der Nebenbedingung (2) ergibt, kann der Verschiebungs- und Spannungszustand der statischen bzw. inkrementellen Elastoplastizität als Minimierer der Formänderungsenergie unter Einhaltung der Fließgrenze interpretiert werden. Die Optimierung elastoplastischer Verformungsprozesse entspricht daher einem zweistufigen Optimierungsproblem:

- (i) In einer äußeren Optimierung sind die optimalen Prozessparameter p zu identifizieren.
- (ii) Der Prozess selbst wird durch eine innere Optimierung in Form einer Energieminimierung beschrieben. Verschiebung u und Spannungen σ ergeben sich als Lösung der inneren Optimierungsaufgabe.

Man nennt solche Probleme daher *Bilevel-Optimierungsaufgaben*. Derartige Aufgaben werden in der nichtlinearen Optimierung auch als *Mathematical Programs with Equilibrium Constraints* (MPECs) bezeichnet. Wegen der oben beschriebenen Nichtglattheit der Lösungsabbildung S weisen MPECs spezifische Schwierigkeiten auf und bedürfen daher einer speziell auf diese Aufgabenklasse zugeschnittenen Algorithmik, siehe z.B. [12]. Dies gilt insbesondere für die Optimierung elastoplastischer Verformungsprozesse. Verschwindet die oben beschriebene biaktive Menge, dann ist die Lösungsabbildung S differenzierbar, und ableitungsbasierte Optimierungsalgorithmen sind somit anwendbar. Damit lassen sich die guten Resultate erklären, die mit derartigen Verfahren in der Praxis erzielt werden, siehe z.B. [13]. Kommt es jedoch zum *neutral loading*, was je nach Optimierungsziel wie oben gesehen durchaus der Fall sein kann, führen ableitungsbasierte Verfahren nicht zum Ziel. Leider hängt es in erheblichem Maße von der konkreten Optimierungsaufgabe und deren unbekannter Lösung ab, inwieweit es zu diesen Schwierigkeiten kommt. In der Regel kann man daher a priori nicht feststellen, ob während der Optimierung Nichtglattheiten auftreten werden oder nicht.

Regularisierung und Pfadverfolgung

Für die Entwicklung eines robusten Optimierungsverfahrens, das auch mit solchen nichtglatten Situationen umgehen kann, muss die innere Optimierungsaufgabe daher zwingend regularisiert werden. Auf diese Weise erhält man ein glattes Bilevel-Problem, das mit schnellen ableitungsbasierten Methoden gelöst werden kann.

Für die Regularisierung wird die Funktion φ aus dem konstitutiven Gesetz (4) (oft nur lokal um die Knickstelle herum) geglättet. Eine mögliche Glättung ergibt sich aus der Penalisierung der Fließbedingung bei der inneren Optimierung. Statt diese streng zu fordern, wird sie durch einen glatten Penalisierungsterm im Energiefunktional berücksichtigt, der eine Verletzung dieser Nebenbedingungen „bestraft“. Da das regularisierte Modell im zeitabhängigen Fall im Gegensatz zum Ausgangsproblem ratenabhängig ist, nennt man diese Methode auch *viskoplastische Regularisierung*. Die Euler-Lagrange-Gleichungen des regularisierten inneren Optimierungsproblems entsprechen dann einer nichtlinearen partiellen Differentialgleichung anstelle einer Variationsungleichung. Das regularisierte Bilevel-Problem ist daher äquivalent zu einem klassischen Problem der optimalen Steuerung, welches mit etablierten ableitungsbasierten Verfahren effizient gelöst werden kann.

Obwohl die regularisierten Probleme in vielen Fällen ihre eigene physikalische Berechtigung haben, interessiert man sich aus der Anwendung heraus oft für das Originalproblem. Daher wendet man in der Optimierung eine *Pfadverfolgungsmethode* an, siehe z.B. [14, 11]. Hierbei wird die Regularisierung während der Iteration des Optimierungsalgorithmus immer weiter zurückgefahren, sodass im Grenzprozess das unregularisierte Ausgangsproblem gelöst bzw. optimiert wird. Um ein effizientes Verfahren zu erhalten, ist es hierbei unerlässlich, Regularisierung, Diskretisierung und die Genauigkeitsanforderungen des Optimierungsalgorithmus aufeinander abzustimmen. Das Ziel ist hierbei ein Verfahren, dessen Laufzeit nur ein geringes Vielfaches der Laufzeit der reinen Simulation beträgt.

Mathematische Grundlagen

Das oben genannte Ziel lässt sich nur durch eine problemangepasste Auslegung eines Pfadverfolgungsalgorithmus erreichen. Dies aber erfordert eine detaillierte analytische Untersuchung des Anwendungsproblems. Beispielsweise ist es wichtig, qualifizierte Optimalitätsbedingungen herzuleiten, um geeignete Abbruchbedingungen zu erhalten.

Aufgrund der Nichtglattheit des Lösungsoperators $S(p)$ erfordert die analytische Untersuchung von Optimierungsproblemen mit Variationsungleichungen eine angepasste Methodik, die von den Standard-Techniken der optimalen Steuerung deutlich abweicht. Im Rahmen eines Projekts im DFG-Schwerpunktprogramm 1253 *Optimierung mit partiellen Differentialgleichungen* ist es uns in den letzten Jahren gelungen, hier wesentliche Fortschritte zu erzielen [7, 8, 10, 9, 18]. Beispielsweise konnten Optimalitätssysteme in Form sogenannter Stationaritätskonzepte hergeleitet

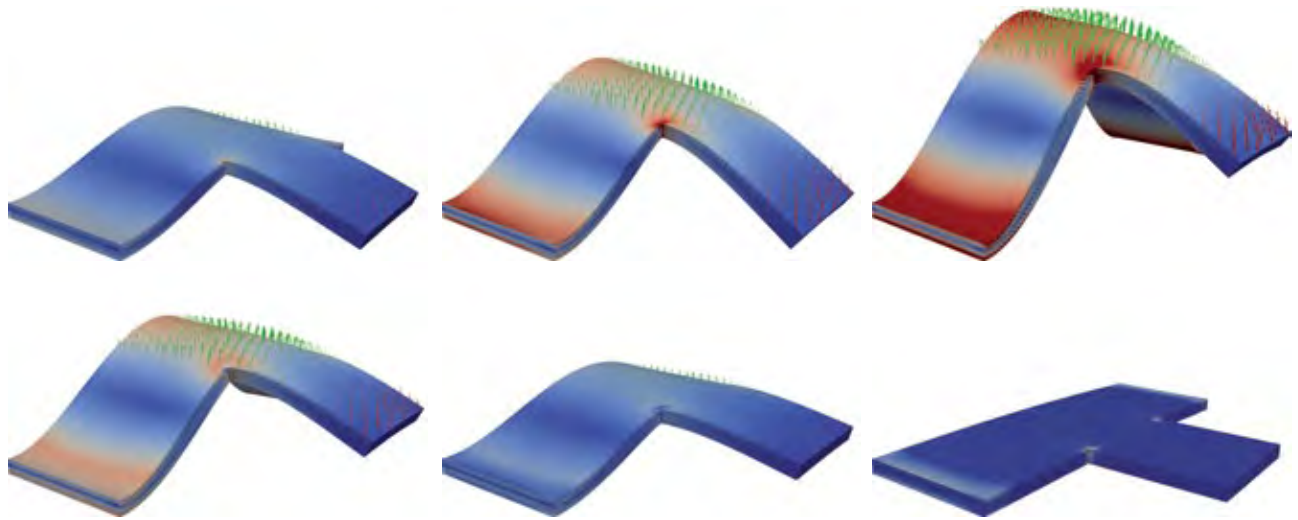


Abbildung 3: Verlauf der optimalen Verformung und der Vergleichsspannung nach von Mises, Verschiebung 10-fach vergrößert.

werden. Diese unterscheiden sich von den herkömmlichen Optimalitätsbedingungen der nichtlinearen Optimierung vor allem durch fehlende Vorzeichenbedingungen an die Lagrange-Multiplikatoren. Vergleichbares ist von der Untersuchung endlich-dimensionaler MPECs seit langem bekannt. Die rigorosesten Optimalitätsbedingungen sind in Form der *starken Stationarität* gegeben, die im Fall der Elastoplastizität bislang nur für akademische Beispielprobleme verifiziert werden konnten und vermutlich für praktische Aufgabenstellungen nicht erfüllt sind. Diese Form der Stationaritätsbedingung ist auch Teil des bislang einzigen Zugangs zu hinreichenden Bedingungen zweiter Ordnung, an deren Erweiterung momentan intensiv gearbeitet wird. Wir erwarten, dass sich aus diesen Bedingungen optimale Abschätzungen für den Regularisierungs- und Diskretisierungsfehler ableiten lassen, die zur abgestimmten Kopplung von Regularisierungsparameter und Gitterweite verwendet werden können.

Resultate einer numerischen Optimierung

Im Rahmen unserer Forschungstätigkeit wird auch ein numerisches Verfahren zur Lösung von Optimierungsproblemen mit elastoplastischen Modellen implementiert. Als Optimierungsverfahren setzen wir bisher eine Kombination von nichtlinearem CG und reduziertem Newtonverfahren ein. Die Leistungsfähigkeit wird derzeit an einfachen Testbeispielen, von denen eines hier vorgestellt werden soll, untersucht. Als Materialmodell verwenden wir quasistatische Elastoplastizität bei kleinen Deformationen mit linearer, kinematischer Verfestigung. Eine Beispielgeometrie ist in Abbildung 2 dargestellt.

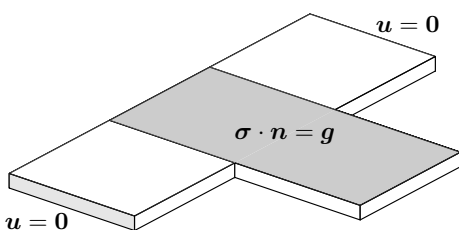


Abbildung 2: Beispielgeometrie.

Das Bauteil ist an dem vorderem und hinterem Rand fest eingespannt. Es kann durch Flächenkräfte g , die an dem oberen, grauen Rand angreifen, verformt werden. Die weiteren (in der Abbildung 2 weißen) Randteile sind spannungsfrei, dort gilt $\sigma \cdot n = 0$. Das Optimierungsziel ist dadurch gegeben, dass das Bauteil nach der Rückfederung auf der oberen, grauen Teilfläche eine gleichmäßige bleibende Deformation von 0,05 mm nach oben besitzen soll. Der zeitliche Verlauf der Verformung ist in Abbildung 3 dargestellt.

Das Bauteil wurde mit der Vergleichsspannung nach von Mises eingefärbt, und die Randkräfte sind durch grüne und rote Pfeile (Zug bzw. Druck) dargestellt. Wie man an der bleibenden Verschiebung in Abbildung 4 sehen kann, kommt man durch Anwendung der optimierten Flächenkräfte dem gewünschten Deformationsfeld sehr nah.



Abbildung 4: Optimale Verschiebung nach der Rückfederung, 100-fach vergrößert

Zukünftige Forschungsfragen

Die bisher erzielten Ergebnisse deuten das große Potential der mathematischen Optimierung elastoplastischer Verformungsprozesse an. Allerdings stehen wir erst am Anfang dieser Entwicklung, und zentrale Fragen sind noch zu beantworten. Beispielsweise ist eine a posteriori durchgeführte Fehlerschätzung von Regularisierungs- und Diskretisierungsfehler notwendig, mit deren Hilfe die im Optimierungsalgorithmus verwendeten Rechengitter adaptiv verfeinert werden können. Schließlich beschreibt das bislang betrachtete Standardmodell der Elastoplastizität viele Anwendungsprobleme nicht ausreichend. Beispielsweise treten in vielen Anwendungen große Ver-

zerrungen und die erwähnten Kontaktprobleme auf, die aus Sicht der optimalen Steuerung bislang nicht berücksichtigt wurden. Bei anderen Prozessen wiederum können Phasenumwandlungen und thermoplastische Phänomene nicht vernachlässigt werden. Die Optimierung von Variationsungleichungen bietet daher großes Potential für zukünftige anwendungsnahe mathematische Forschung.

Danksagung

Wir danken der DFG für die Unterstützung dieser Arbeit durch ein Projekt im Schwerpunktprogramm SPP 1253 (*Optimization with Partial Differential Equations*).

Literatur

- [1] Sami Chatti and Noureddine Hermi. The effect of non-linear recovery on springback prediction. *Computers & Structures*, 89(13–14):1367–1377, 2011.
- [2] K. K. Choi and N. H. Kim. Design optimization of springback in a deepdrawing process. *The American Institute of Aeronautics and Astronautics Journal*, 40(1):147–153, 2002.
- [3] R.M Cleveland and A.K Ghosh. Inelastic effects on springback in metals. *International Journal of Plasticity*, 18(5–6):769–785, 2002.
- [4] Andreas Griewank and Andrea Walther. *Evaluating derivatives*. Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM), Philadelphia, PA, second edition, 2008. Principles and techniques of algorithmic differentiation.
- [5] Y.Q. Guo, J.L. Batoz, H. Naceur, S. Bouabdallah, F. Mercier, and O. Barlet. Recent developments on the analysis and optimum design of sheet metal forming parts using a simplified inverse approach. *Computers & Structures*, 78(1–3):133–148, 2000.
- [6] R. Herzog and K. Kunisch. Algorithms for PDE-constrained optimization. *GAMM Reports*, 33(2):163–176, 2010.
- [7] R. Herzog and C. Meyer. Optimal control of static plasticity with linear kinematic hardening. *Journal of Applied Mathematics and Mechanics*, 91(10):777–794, 2011.
- [8] R. Herzog, C. Meyer, and G. Wachsmuth. B- and strong stationarity for optimal control of static plasticity with hardening. *in revision*, 2011.
- [9] R. Herzog, C. Meyer, and G. Wachsmuth. Existence and regularity of the plastic multiplier in static and quasistatic plasticity. *GAMM Reports*, 34(1):39–44, 2011.
- [10] R. Herzog, C. Meyer, and G. Wachsmuth. C-stationarity for optimal control of static plasticity with linear kinematic hardening. *in revision*, 2012.
- [11] M. Hintermüller and I. Kopacka. Mathematical programs with complementarity constraints in function space: C- and strong stationarity and a path-following algorithm. *SIAM Journal on Optimization*, 20(2):868–902, 2009.
- [12] T. Hoheisel, C. Kanzow, and A. Schwartz. Theoretical and numerical comparison of relaxation methods for mathematical programs with complementarity constraints. *Mathematical Programming*, to appear.
- [13] R. Kreißig, U. Benedix, U.-J. Görke, and M. Lindner. Identification and estimation of constitutive parameters for material laws in elastoplasticity. *GAMM-Mitteilungen*, 30(2):458–480, 2007.
- [14] K. Kunisch and D. Wachsmuth. Path-following for optimal control of stationary variational inequalities. *Computational Optimization and Applications*, pages 1–29.
- [15] R. Mahnken and E. Stein. The parameter-identification for visco-plastic models via finite-element-methods and gradient methods. *Modelling and Simulation in Materials Science and Engineering*, 2:597–616, 1994.
- [16] R. Neugebauer. *Hydro-Umformung*. VDI-Buch. Springer, 2006.
- [17] R. Schmidt-Jürgensen. *Untersuchungen zur Simulation rückfederungsbedingter Formabweichungen beim Tiefziehen*. PhD thesis, Universität Hannover, 2002.
- [18] G. Wachsmuth. *Optimal control of quasistatic plasticity – An MPCC in function space*. PhD thesis, Chemnitz University of Technology, Germany, 2011.
- [19] M. Widhalm, N. Gauger, and J. Brezillon. Implementierung eines kontinuierlichen adjungierten Euler-Lösers in den TAU-Code. *Jahresbericht der Arbeitsgemeinschaft Strömungen mit Ablösung STAB*, pages 178–179, 2005.



Roland Herzog ist Professor für Numerik partieller Differentialgleichungen an der Fakultät für Mathematik der Technischen Universität Chemnitz. Er studierte Technomathematik mit Nebenfach Technische Mechanik und Strömungsmechanik an der Technischen Universität Clausthal und der Tulane University, New Orleans. Er promovierte 2003 an der Universität Bayreuth. Danach führte ihn sein Weg an die Karl-Franzens-Universität Graz und das Johann Radon Institute for Computation and Applied Mathematics (RICAM) in Linz, wo er als Postdoktorand in den Arbeitsgruppen von Prof. Karl Kunisch arbeitete. Seit 2008 leitet er die Professur Numerische Mathematik (partielle Differentialgleichungen) an der TU Chemnitz. Sein Forschungsgebiet ist die Analysis und numerische Analysis von Aufgaben der optimalen Steuerung mit partiellen Differentialgleichungen sowie deren algorithmische Lösung und Anwendungen.



Christian Meyer ist Professor für Kontinuierliche Optimierung an der Fakultät für Mathematik der Technischen Universität Dortmund. Nach dem Grundstudium des Maschinenbaus an der Ruhr-Universität Bochum studierte er Physikalische Ingenieurwissenschaft an der TU Berlin. Er promovierte 2006 an der TU Berlin in Mathematik und wechselte danach an das Weierstraß Institut für Angewandte Analysis und Stochastik (WIAS) in die Arbeitsgruppe Nichtlineare Optimierung und Inverse Probleme. Von 2009 bis 2011 war er als Juniorprofessor an der Graduate School Computational Engineering an der TU Darmstadt tätig. Seit 2011 ist er Professor an der TU Dortmund. Sein Forschungsgebiet ist die numerische Analysis von Optimalsteuerproblemen mit partiellen Differentialgleichungen und Variationsungleichungen.



Gerd Wachsmuth ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl von Prof. Roland Herzog an der Fakultät für Mathematik der Technischen Universität Chemnitz. Er studierte Technomathematik mit Nebenfach Technische Mechanik an der Technischen Universität Chemnitz. Für die Diplomarbeit erhielt er den Universitätspreis der TU Chemnitz sowie einen Hauptpreis der DMV-Studierendenkonferenz. Er promovierte 2011 an der Technischen Universität Chemnitz in Mathematik bei Prof. Roland Herzog. Sein Forschungsinteresse gilt nichtlinearen Aufgaben der optimalen Steuerung mit partiellen Differentialgleichungen.

WISSENSCHAFTLICHE VERANSTALTUNGEN

GAMM

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

Tagungsjahr 2012/2013

XII GAMM Workshop on Applied and Numerical Linear Algebra

September 02-05, 2012, Chateau Liblice, Czech Republic.
<http://www.cs.cas.cz/gamm/>

Advances in Mathematical Image Processing

September 10-14, 2012, Göttingen

SCAN 2012

15th GAMM-IMACS International Symposium on Scientific Computing, Computer Arithmetic and Validated Numerics
September 23-29, 2012, Novosibirsk (Russia)
http://scan2010.ens-lyon.fr/SCAN2010_Welcome_to_SCAN2012.pdf

14th International Conference on Approximation Theory

07-10 April, 2013, San Antonio, USA
SSVM 2013

the Fourth International Conference on Scale Space and Variational Methods in Computer Vision
April 07 - 10, 2013, San Antonio, Texas

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

Computerunterstützte Beweise und symbolisches Rechnen

<http://www.math.uni-wuppertal.de/wrswt/gamm/#conferences>

Numerische Methoden für partielle Differentialgleichungen

<http://gamm-sc.mathematik.uni-karlsruhe.de/index.html>
Dynamik und Regelungstheorie, <http://regpro.mechatronik.uni-linz.ac.at/gamm>

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

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

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

Biomechanik, <http://www.mechbau.uni-stuttgart.de/ls2/gammFA-biomech/>

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

Mathematische Signal- und Bildverarbeitung
<http://www3.math.tu-berlin.de/numerik/GAMM-MSIP/>

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>
August 19-24, 2012

23rd ICTAM 2012

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

ECCOMAS

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

September 10-14, 2012

ECCOMAS 2012 - 6th European Congress On Computational Methods in Applied Science & Engineering

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

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>

Verschiedene Veranstaltungen 2012

Symposium on Trends of Application of Mathematics to Mechanics

MECHANICS – NEW CHALLENGES THE 2012 ISIMM SYMPOSIUM – STAMM XVIII

Faculty of Aerospace Engineering Technion – Israel Institute of Technology Haifa 32000, Israel
03.-06. September 2012,



Foto: Peter Ulrich Hein



MITGLIED WERDEN!

WAHLEN ZUM VORSTANDSRAT

Aufruf des Präsidenten mit Bitte um Wahlvorschläge zur Vorstandswahl 2011

Wahlvorschläge

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

Vorschlagsberechtigt sind persönliche Mitglieder der GAMM sowie korporative Mitglieder.

Die folgenden Ämter des GAMM-Vorstandsrates sind 2013 zu wählen. Die Amtszeiten werden zum 01.01.2014 beginnen.

Mitglieder des Vorstandes

Prof. V. Mehrmann (Präsident), Berlin, Numerische Analysis, Amtszeit bis 2013

Prof. P. Wriggers (Vizepräsident), Hannover, Festkörpermechanik, Amtszeit bis 2013

Amt wird satzungsgemäß durch den ausscheidenden Präsidenten ersetzt

Prof. W. Ehlers (Vizesekretär), Stuttgart, Festkörpermechanik, Amtszeit bis 2013

Mitglieder des Vorstandsrates

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

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

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

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

Prof. G. Schuëller, Innsbruck, Stochastik/Optimierung, verstorben im Juni 2012

Prof. A. Thess, Ilmenau, Strömungsmechanik, 2. Amtszeit bis 2013, nicht wieder wählbar

Die Quorenregelung verlangt, dass Wahlvorschläge für den Präsidenten von mindestens 25 Mitgliedern, für den

Vizesekretär wie auch 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 23.01.2013, bei der Geschäftsstelle eintreffen.

Vorstandswahl 2013

Die Stimmabgabe zur Vorstandswahl erfolgt entweder mittels Urnenwahl im Rahmen der Mitgliederversammlung der Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik e.V. in Novi Sad am Mittwoch, den 20.03.2013 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 Novi Sad teilzunehmen und sich an der Wahl zu beteiligen. Die elektronische Stimmabgabe ist in dem Zeitraum vom 13.02.2013 bis 13.03.2013 über die Internetseite der GAMM möglich.

Volker Mehrmann

Präsident

Mitglieder der Wahlkommission für die Vorstandswahlen 2013

Vorsitzender:

P. Wriggers, Hannover (Vizepräsident)

Gewählte Mitglieder:

Edwin Kreuzer, Hamburg, Dynamik/Strömungsmechanik

Karl Schweizerhof, Karlsruhe, Festkörpermechanik

Rolf Jeltsch, Zürich, Numerische Analysis

Stefan Müller, Bonn, Analysis

PROGRAMMKOMITEE DER GAMM-JAHRESTAGUNG 2014 IN ERLANGEN-NÜRNBERG

V. Mehrmann, Berlin, **P. Wriggers**, Hannover, **M. Kaliske**, Dresden, **W. Ehlers**, Stuttgart, **M. Günther**, Wuppertal, **P. Steinmann**, Erlangen-Nürnberg, **G. Leugering**, Erlangen-Nürnberg, **C. Bucher**, Wien, **U. von Wagner**, Berlin, **M. Behr**, Aachen, **A. Menzel**, Dortmund, **M. Hochbruck**, KIT, **R. Finden**, Magdeburg, **H. Abels**, Regensburg, **B. Jacob**, Wuppertal, **P. Betsch**, Siegen, **V. Schulz**, Trier, **H. Foysi**, Siegen, **M. Manhart**, München

Die Sitzung des Programmkomitees findet am 26.01. und 27.01.2013 in Erlangen statt.

Vorschläge zur Gestaltung des wissenschaftlichen Programms zur GAMM-Jahrestagung 2013 in Erlangen-Nürnberg können an die Mitglieder des Programmkomitees sowie die Geschäftsstelle der GAMM bis zum 31.12.2012 geschickt werden.

Jun.-Prof. Dr. Irwin Yousept

April 2002 - Oktober 2005
Diplomstudium der Mathematik
mit Physik als Nebenfach an der Technischen Universität Berlin; Dezember 2005 Dies-Mathematicus-Preis
für besten Abschluss des Jahrgangs 2005 (Institut für Mathematik - TU Berlin); Oktober 2005 - September
2008 Wissenschaftlicher Mitarbeiter im DFG Forschungszentrum MATHEON; Juli 2006 Erwin-Stephan-
Preis (TU Berlin); August 2008 Promotion mit Auszeichnung; Oktober 2008 - September 2009 Vertretung
W2-Professur für Numerik und Wissenschaftliches Rechnen an der Universität Augsburg; Oktober 2009 -
Juni 2012 Postdoc im DFG Forschungszentrum MATHEON. Herr Yousept ist seit Juli 2012 Juniorprofessor für
Optimierung an der Graduiertenschule Computational Engineering der Technischen Universität Darmstadt.

Das Forschungsgebiet der Optimalsteuerung partieller Differentialgleichungen hat sich zu einem wichtigen Bereich der Angewandten Mathematik entwickelt. Komplexe Optimierungsprobleme, wie sie beispielsweise bei der Herstellung von Solarzellen auftreten, können heutzutage mit Hilfe dieser Theorie gelöst und bei Verfügbarkeit leistungsfähiger Rechner numerisch simuliert werden. Herr Yousept beschäftigt sich seit einigen Jahren mit den theoretischen und numerischen Aspekten in diesem Forschungsumfeld. Ein wichtiger Teil seiner Arbeit ist die mathematische und numerische Untersuchung von Optimalsteuerungsproblemen mit Zustandsbeschränkungen. Diese Zustandsbeschränkungen legen die möglichen Zustände fest, von denen das System gesteuert wird. Solche Nebenbedingungen sind wesentlich schwieriger zu behandeln als Steuerbeschränkungen. In vielen Anwendungsproblemen sind sie jedoch unvermeidbar, wie zum Beispiel bei der Kristallzüchtung durch Sublimation. Dabei wird eine optimale Kristallstruktur nur dann erreicht, wenn die erzeugte Temperatur während des Sublimationsprozesses in einem gewissen Bereich liegt. Dieser Fall tritt auch bei der Krebsbehandlung durch lokale Hyperthermie auf. Um Überhitzung von gesunden Geweben zu vermeiden sind Grenzen bei der erzeugten Gewebetemperatur einzuhalten. Die Behandlung von Zustandsbeschränkungen stellt aus theoretischer und numerischer Sicht eine große Herausforderung dar. In der Theorie benötigt man höhere Regularität des Zustandes um notwendige Optimalitätsbedingungen herzuleiten. Die Optimalitätsbedingungen lassen sich jedoch nur schwierig numerisch umsetzen, da sie Borel-Maße als Lagrangesche Multiplikatoren enthalten können. Unter Anleitung von Prof. Tröltzsch promovierte Herr Yousept an der Technischen Universität Berlin. Im ersten Teil seiner Dissertation beschäftigte er sich mit Regularisierungstechniken zur numerischen Behandlung von Zustandsbeschränkungen. Theoretische und numerische Beiträge über Konvergenz, Sensitivitätsanalyse und Gitterunabhängigkeit wurden während seiner Promotion geleistet (siehe [1,2]). Ein weiterer Gegenstand seiner Dis-

sertation ist die Untersuchung eines vereinfachten mathematischen Modells der Kristallzüchtung durch Sublimation. Im Rahmen des MATHEON-Projekts C9 analysierte er

eine zustandsbeschränkte Optimalsteuerungsaufgabe zu einer stationären Wärmeleitungsgleichung mit nichtlokalen Strahlungsrandbedingungen als Zustandsgleichung. Solche Randbedingungen müssen aufgrund der extrem hohen Temperatur bei der Kristallzüchtung berücksichtigt werden. Mit Hilfe von verschiedenen Techniken wurden für diese Aufgabenstellung mathematische und numerische Resultate, wie unter anderem höhere Regularität des Zustandes, notwendige und hinreichende Optimalitätsbedingungen sowie ein auf semiglattem Newton-Verfahren basierender Algorithmus entwickelt (siehe [3,4] und Abb. 1). In dem vereinfachten Modell wurde angenommen, dass die Wärmequelle im Gebiet direkt gesteuert werden kann. In der Praxis wird aber die Wärme

induktiv durch Magnetfelder erzeugt und deshalb ist die Berücksichtigung von Maxwell-Gleichungen für ein realistischeres Modell notwendig. Mit dieser Fragestellung beschäftigte sich Herr Yousept auch nach seiner Promotion. In Zusammenarbeit mit Kollegen vom Weierstraß-Institut analysierte er ein Optimalsteuerungsproblem mit einem gekoppelten Zustandssystem, bestehend aus Wirbelstromgleichungen und stationären Wärmeleitungsgleichungen mit nichtlokalen Strahlungsrandbedingungen. Es ist dem Team gelungen, eine mathematische Optimierungstheorie für dieses komplexe Problem zu entwickeln (siehe [5]). Hiernach untersuchte er zeitabhängige optimale Steuerung von induktiven Erwärmungsprozessen mit punktwisen Zustandsbeschränkungen. Die Optimalsteuerungsaufgabe besteht darin, die an den Spulen angelegten Spannungen zu steuern, um eine gewünschte Endtemperatur zu erreichen (siehe [6] und Abb. 2). Während seiner Postdoc-Zeit interessierte sich Herr Yousept zunehmend für die optimale Steuerung elektromagnetischer Prozesse. In [7] analysierte er ein dreidimensionales Optimalsteuerungsproblem mit einem Zustandssy-



stem beschrieben durch Maxwell-Gleichungen. Neue Beiträge über höhere Regularität der optimalen Steuerung sowie optimale Konvergenzordnung der Finite-Elemente-Diskretisierung des Optimierungsproblems durch Kantelemente und deren numerische Verifikation wurden geleistet. Weiter studierte er die numerische Analysis für Probleme mit Steuerungen in den Koeffizienten von Wirbelstromgleichungen (siehe [8]). Solche Problemstellungen sind ebenfalls wichtig für diverse Anwendungen, wie unter anderem für optimales Design von elektromagnetischen Materialien. Aufgrund ihrer zahlreichen

Anwendungen in der Technologie ist die optimale Steuerung elektromagnetischer Prozesse ein besonders interessantes und zugleich zukunftsträchtiges Forschungsgebiet. Ihre numerische und theoretische Behandlung ist eine große Herausforderung und erfordert den Einsatz robuster numerischer Lösungsverfahren sowie aktueller Resultate der Analysis partieller Differentialgleichungen. An der Graduiertenschule „Computational Engineering“ der TU-Darmstadt plant Herr Yousept, dieses Forschungsumfeld in interdisziplinärer Zusammenarbeit mit Ingenieuren auf dem Gebiet Elektromagnetismus weiter auszubauen.

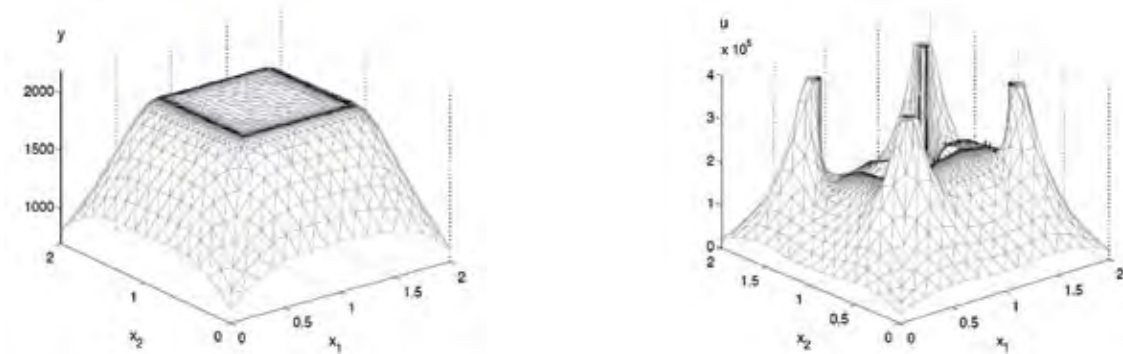


Abbildung 1: Numerisch berechnete optimale Lösung (y : Temperatur, u : Wärmequelle) eines vereinfachten mathematischen 2D-Modells der Kristallzüchtung durch Sublimation.

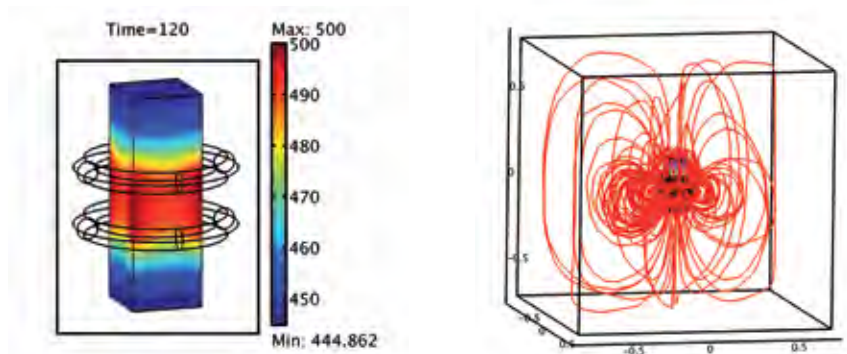


Abbildung 2: Numerisch berechnete optimale Temperatur bei einem induktiven Erwärmungsprozess.

Literatur

[1] Hintermüller, M.; Tröltzsch, F.; Yousept, I. Mesh-independence of semismooth Newton methods for Lavrentiev-regularized state constrained nonlinear optimal control problems. *Numer. Math.* 108, no. 4, 571–603 (2008).

[2] Hintermüller, M.; Yousept, I. A sensitivity-based extrapolation technique for the numerical solution of state-constrained optimal control problems. *ESAIM: COCV* 16, 503–522 (2010).

[3] Meyer, C.; Yousept, I. State-constrained optimal control of semilinear elliptic equations with nonlocal radiation interface conditions. *SIAM J. Control Optim.* 48, no. 2, 734–755 (2009).

[4] Meyer, C.; Yousept, I. Regularization of state-constrained elliptic optimal control problems with nonlocal radiation interface conditions. *Computational Optimization and Applications* 44, no. 2, 183–212 (2009).

[5] Druet, P.-E.; Klein, O.; Sprekels, J.; Tröltzsch, F.; Yousept, I. Optimal control of three-dimensional state-constrained induction heating problems with nonlocal radiation effects. *SIAM J. Control Optim.* 49, no. 4, 1707–1736 (2011).

[6] Tröltzsch, F.; Yousept, I. PDE-constrained optimization of time-dependent 3D electromagnetic induction heating by alternating voltages. *ESAIM:M2AN* 46, 709–729 (2012).

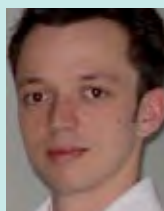
[7] Yousept, I. Optimal control of Maxwell’s equations with regularized state constraints. *Computational Optimization and Applications* 52, 559–581 (2012).

[8] Yousept, I. Finite Element Analysis of an Optimal Control Problem in the Coefficients of Time-Harmonic Eddy Current Equations. *Journal of Optimization Theory and Applications*, DOI: 10.1007/s10957-012-0040-7 (2012).

Kontakt

Prof. Dr. Irwin Yousept
 Technische Universität Darmstadt
 Graduate School of Computational Engineering (CE)
 Dolivostraße 15
 D-64293 Darmstadt
 Email: yousept@gsc.tu-darmstadt.de

GAMM-JUNIORS



Felix Fritzen



Benjamin Klusemann



Agnieszka Miedlar

New technological developments originating from physics and engineering continuously invoke new challenges for all the researches in Applied Mathematics and Mechanics. The GAMM sees its chance and purpose to transfer expertise of their members into engineering and industrial practice. More important, GAMM is fully aware of the responsibility incumbent in educating and supporting competent young scientists to confront the future.

At the GAMM Annual Meeting 2011 in Graz, the founding of a GAMM-Juniors Group has been decided. Each year 10 new GAMM-Juniors are selected out of a number of young scientists which completed an excellent diploma, master or PhD thesis in the fields of Applied Mathematics or Mechanics. The first 10 GAMM-Juniors have been chosen at the end of 2011. The position as a GAMM-Junior is limited to three years, such that after a starting period of three years the group will consist of a constant number of 30 persons. A speaker of the GAMM-Juniors together with one or more deputies is elected by the members. With a speaker being a member of the committee "Future of GAMM", GAMM-Juniors are dedicated to support young researchers activities and concerns within the GAMM and serve as body of the GAMM board addressing the issues of young scientists. In addition to the work associated with the committee "Future of GAMM", GAMM-Juniors are encouraged to act as representatives of young scientists and to strengthen their scientific achievements.

GAMM Juniors 2011

The GAMM-Juniors chosen by the selection committee at the end of 2011 are: Ronny Behnke, Thomas Berger, Felix Fritzen (Speaker), Karsten Kahl, Florian Keller, Benjamin Klusemann (Deputy), Agnieszka Miedlar (Deputy), Annika Radermacher, Armin Rund, and Sebastian Schöps.

Felix Fritzen, supported by Benjamin Klusemann and Agnieszka Miedlar are coordinating the work of GAMM-Juniors in the year 2012.



During the initial GAMM-Juniors Workshop, which took place in Berlin on February 17th, the group has launched an ambitious plan for the first term of office that is brought into „Future of GAMM“ committee.

With the support of the "Dr. Klaus Körper Stiftung", international Workshops and Summer Schools are planned for years 2013-2014 by members of the GAMM-Juniors. These include the "Workshop über gekoppelte Deskriptorsysteme" organized by Sebastian Schöps and the "International Workshop on Order-Reduction Methods for Mechanics of Materials" organized by Felix Fritzen. Further information on these workshops and general information about the GAMM-Juniors will shortly be available on the GAMM-web page (see below).

Who can become a GAMM-Juniors member?

The competition is open to all young scientists who graduated with exceptional achievements in their diploma, master or PhD thesis in the fields of Applied Mathematics and Mechanics.

Suggestions for GAMM-Juniors candidates are made by the local GAMM-Representatives, therefore the young scientists interested to join GAMM-Juniors should directly contact the GAMM-Representatives of their university. Nominees have to be younger than 32 years at June 15th of the appropriate year. The PhD examination should be not older than 2 years at the moment of application. A deviation from the mentioned time frame is considered in the selection process in the case of a "broken" biography.

How can one apply to become a GAMM-Juniors member?

Each year 10 new GAMM-Juniors are nominated. The local GAMM Representatives of the universities recommend a maximum of two possible GAMM-Juniors. The résumé and an assessment of up to 3 pages for each nomination should be sent to the GAMM office (gamm@mailbox.tu-dresden.de) by June 15th, every year. The committee for Young Researcher Minisymposia is responsible for the selection of the 10 GAMM-Juniors out of the submitted proposals.

GAMM-Juniors are representing the young generation in the GAMM, so if there are any questions, concerns, ideas etc. do not hesitate to contact us. We also appreciate any information about initiatives by or for young researchers.

Your GAMM-Juniors

NEUER GAMM FACHAUSSCHUSS

COMPUTATIONAL SCIENCE AND ENGINEERING (CSE)

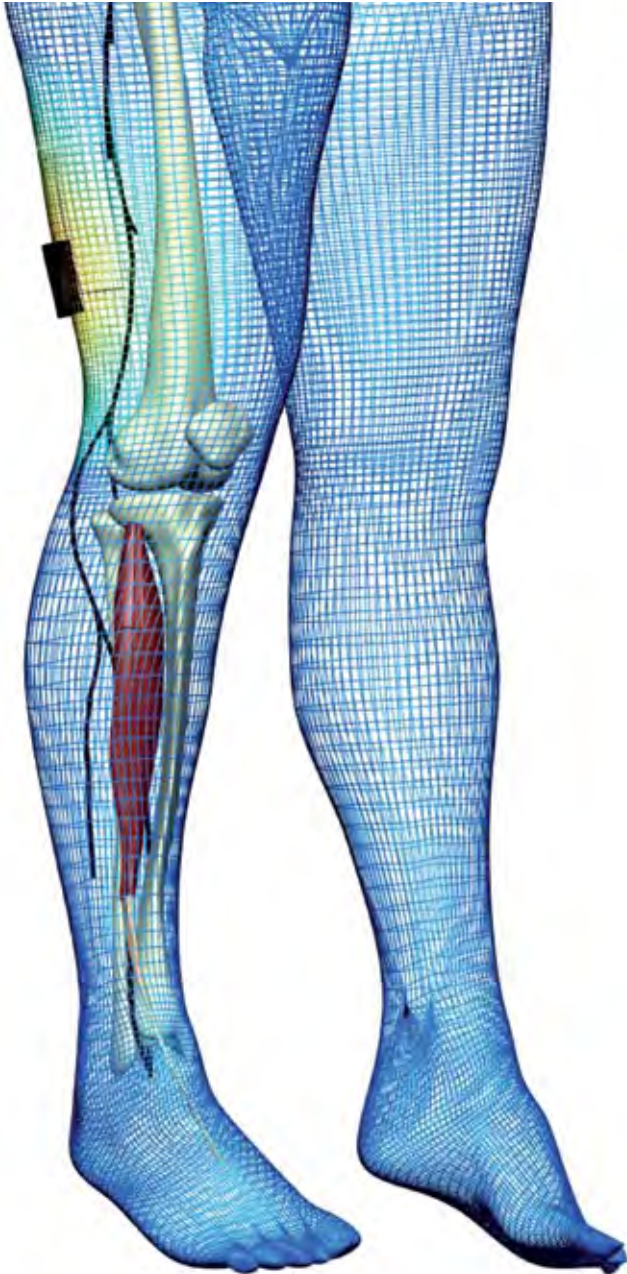


Abbildung 1: Extern aufgebrachte elektrische Felder stimulieren den Nerv und induzieren somit eine mechanische Reaktion des Tibialis Anterior (Muskel). Die Kontraktion des Muskels führt zu einer Bewegung des Fußes. (O. Röhrle, J. Kim, A. Pullan)

CSE als dritte Säule der Wissenschaft.

Durch die rasante Entwicklung in der Rechnertechnologie wird das Gebiet Computational Science and Engineering (CSE) zunehmend zu einer wichtigen Antriebskraft des wissenschaftlichen Fortschritts und zu einer Schlüsseltechnologie des Exa-Scale Computing. Der Begriff CSE bezeichnet dabei in einem umfassenden Sinn die Simulationwissenschaften, bei denen Modellierung, numerische Approximationen, Algorithmen und Software eng miteinander verzahnt werden. Dies ist nur durch eine neuartige, integrierende Verknüpfung des Wissens zwischen den Disziplinen möglich und verlangt neue Strukturen in Forschung und Lehre. In diesem Zusammenhang wird vielfach das Bild einer „dritten Säule“ der Wissenschaft verwendet, die gleichberechtigt neben Theorie und Experiment tritt und zunehmend den Charakter einer eigenständigen Grundlagendisziplin gewinnt. Das Fachgebiet CSE entwickelt sich weltweit mit großer Dynamik, die besonders viele junge Wissenschaftler anzieht. Die Anwendungsfelder, in denen CSE-Methodik Verwendung findet, sind vielfältig. Sie reichen von industrierelevanter ingenieurwissenschaftlicher Forschung bis hin zu naturwissenschaftlich orientierten Grundlagenbereichen. Viele der Emerging Fields, wie Biomedical Engineering, Data Driven Computing, Water Sustainability und CO₂ Sequestration und Advanced New Materials sind ohne CSE undenkbar. Im Spektrum der GAMM hat das Gebiet „Computational Mechanics“ eine lange Tradition, darüber hinaus sind mathematische Modellierung, Numerik und Scientific Computing weitere Kernbereiche der GAMM. Diese Disziplinen stellen Grundlagen des modernen Gebiets CSE bereit. Die cross-disziplinäre Zusammenarbeit zwischen Mathematikern, Ingenieuren, Materialwissenschaftlern, Medizinern, Physikern, und Informatikern wird in den Abb. 1-3 exemplarisch illustriert.

Fachausschuss CSE in der GAMM. Um dieser rasch wachsenden Bedeutung des Fachs CSE und der hohen Entwicklungsdynamik besser Rechnung zu tragen, hat der Vorstand der GAMM den Antrag auf Einrichtung eines neuen Fachausschusses bewilligt. Der Fachausschuss wird die Bündelung der Aktivitäten im CSE vorantreiben und wird auch weitere CSE-Gebiete, wie Software-Engineering, Visualisierung und Supercomputing stärker in die GAMM einbinden. Fundamentale methodische Kompetenzen sollen für ein breites Anwendungsspektrum weiterentwickelt werden. Der Fachausschuss wird eine hohe internationale Sichtbarkeit anstreben. Deshalb sei an dieser Stelle auf die SIAM



Oliver Röhrle



Ulrich Råde



Barbara Wohlmuth

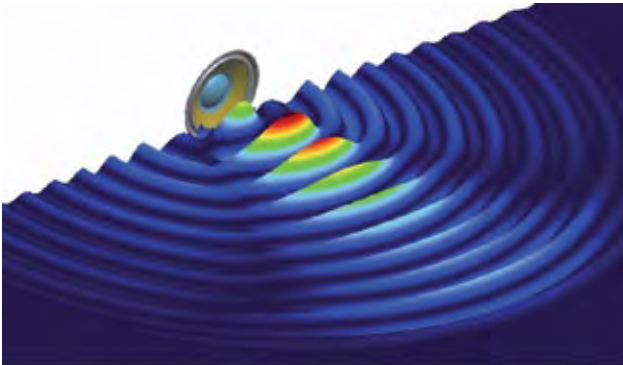


Abbildung 2: Simulation von gekoppelten Akustik-Struktur-Problemen mittels Lagrange-Multiplikatoren zur stabilen Diskretisierung von absorbierenden Randbedingungen und nichtkonformen FE-Netzen. (M. Kaltenbacher, S. Triebenbacher, B. Wohlmuth,)



Abbildung 3: Visualisierung mit Raytracing-Verfahren. Penetration eines schwebenden Tropfens durch ein Projektil, simuliert mit dem Lattice-Boltzmann-Verfahren und der Volume-of-Fluids Methode. (S. Bogner, C. Körner, U. Råde)

Conference on CSE 2013 in Boston hingewiesen, bei der der Fachausschuss mit Minisymposien vertreten sein wird.

Kickoff Meeting. Vom 17.09. - 18.09.2012 wird an der TU München ein konstituierender Workshop stattfinden. Dabei werden u.a. Vorträge zur industriellen Relevanz von CSE sowie zur Anwendung innovativer paralleler Rechnerysteme stattfinden. Des Weiteren wird die Gelegenheit

bestehen, die zukünftige Arbeit und die angestrebte internationale Vernetzung im Fachausschuss zu diskutieren. Unter <http://www.uni-stuttgart.de/gamm/fa-cse> gibt es ab sofort aktuelle Informationen zu Veranstaltungen, News, und den Mitgliedern des neuen Fachausschusses. Die Autoren des Artikels freuen sich über die Rückmeldung von möglichst vielen GAMM-Mitgliedern, die an der aktiven Mitarbeit Interesse haben.

Oliver Röhrle, Jun.-Prof., PhD, geboren am 7. Oktober 1973 in Ulm, 1994 – 2000 Studium der Wirtschaftsmathematik an der Universität Ulm, 1998 – 1999 Master of Science in Mathematik an der University of Wisconsin at Milwaukee, USA, 2004 Promotion in Angewandter Mathematik an der University of Colorado at Boulder, USA, 2004 – 2008 Research Scientist am Auckland Bioengineering Institute an der University of Auckland, Neuseeland, seit 2008 Juniorprofessor für Kontinuumsbiomechanik und Mechanobiologie am Institut für Mechanik und am Exzellenzcluster für Simulation Technology (SimTech) an der Universität Stuttgart, 2011 Richard-von-Mises-Preis, seit 2011 Leiter der Attract-Gruppe „Virtual Orthopedic Lab“ am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) in Stuttgart; Forschungsinteressen: Computational Science and Engineering, mathematische Modellierung biologischer Gewebe (insb. Skelettmuskeln) auf verschiedenen Skalen, nichtlineare Kontinuumsmechanik, Computational Biomechanics, Finite Elemente, Multigrid, Zahnmechanik

Ulrich Råde, Prof. Dr., geboren am 30.11.1957, 1978–84 Studium der Mathematik und Informatik an der TU München und an der Florida State University, 1984 Master of Science, 1988 Promotion in Informatik an der TU München, 1989 Post Doc an der University of Colorado Boulder, 1993 Habilitation für Angewandte Mathematik und Praktische Informatik an der TU München, 1993–94 Gastprofessor an der TU Chemnitz, 1996–1998 Professor für Numerische Mathematik und Scientific Computing an der Universität Augsburg, seit 1998 Lehrstuhl für Systemsimulation an der Universität Erlangen–Nürnberg, 2000–01 Gastprofessor an der University of Colorado, 2003–05 Prodekan der Technischen Fakultät, 2006 ISC-Award for Application Scalability, 2010 PRACE Award for Outstanding Research in Peta-Scale Computing, 2005–11 Hauptherausgeber des SIAM J. Scientific Computing, 2010 Fellow of the SIAM, 2009–10 Program Director der SIAM Activity Group in CSE, seit 2011 Sprecher des Zentralinstituts für Scientific Computing an der Universität Erlangen–Nürnberg, seit 2012 Forschungsbeirat der TU Kaiserslautern; Forschungsinteressen: Computational Science and Engineering, Mathematische Modellierung, Numerische Analysis, Hoch- und Höchstleistungsrechnen, Skalierbare Algorithmen, Software Engineering für Scientific Computing, Datenanalyse und Visualisierung.

Barbara Wohlmuth studierte Mathematik an der TU München und an der Université Grenoble, promovierte 1995 an der TUM und habilitierte 2000 an der Universität Augsburg. Anschließend führten sie Forschungsaufenthalte ans Courant Institute of Mathematical Sciences, New York University und an die Université Pierre et Marie Curie, Paris, sowie als Gastprofessorin nach Frankreich und Hong Kong. 2001 erfolgte die Berufung an die Universität Stuttgart auf den Lehrstuhl für Numerische Mathematik für Höchstleistungsrechner und 2010 der Wechsel an die TUM. Sie ist Vorsitzende des wissenschaftlichen Beirats des Weierstraß Institut für Angewandte Analysis und Stochastik (Berlin) und Beiratsmitglied des Zentralinstituts für Scientific Computing der Friedrich-Alexander Universität Erlangen–Nürnberg. 2012 wurde sie mit dem Gottfried Wilhelm Leibniz-Preis der DFG ausgezeichnet, derzeit ist sie gewähltes Mitglied des DFG Fachkollegiums 312 Mathematik.

NEUER GAMM-FACHAUSSCHUSS

UNCERTAINTY QUANTIFICATION



Vincent Heuveline



Fabio Nobile

Uncertainty Quantification (UQ) hat als Ziel die quantitative Charakterisierung und Reduktion von Unsicherheiten in wissenschaftlichen Anwendungen und spielt somit eine zentrale Rolle zur validierbaren numerischen Simulation vieler Problemstellungen aus den Natur- und Ingenieurwissenschaften. Hierbei wird versucht eine belastbare Aussage über die Wahrscheinlichkeit von Systemreaktionen zu treffen unter der Bedingung, dass nicht alle systembeschreibenden Parameter exakt bekannt und dadurch mit Unsicherheiten behaftet sind. Dies führt zu einem Paradigmenwechsel von einer rein deterministischen Betrachtungsweise zu einer Integration stochastischer Schwankungen durch mathematische Modelle.

Das Forschungsgebiet UQ basiert auf einer großen Vielfalt an mathematischen sowie statistischen Grundlagen unter Einbezug der Entwicklung von geeigneten Algorithmen und numerischen Lösungsverfahren. Im Rahmen des neu gegründeten GAMM Fachausschusses Uncertainty Quantification, werden bezogen auf den Bereich des Computational Science and Engineering (CSE) u.a. folgende Themen adressiert:

- Vorwärtsausbreitung von Unsicherheiten in komplexen Systemen
- Integration stochastischer PDGen über lange Zeitintervalle
- Multiskalen Probleme
- Sensitivitätsanalyse
- Inverse Probleme
- Charakterisierung/Modellierung von Unsicherheiten in Eingangsgrößen
- Datenassimilation
- Optimierung unter Unsicherheiten
- Optimale Versuchsplanung
- Modellreduktion
- Visualisierung von Unsicherheiten

Ein zentrales Ziel dieses Fachausschusses ist es ein Forum für eine gemeinsame Forschung führender Wissenschaftler auf dem Forschungsgebiet UQ aufzubauen um gemeinsame Ideen zu entwickeln und die Kommunikation unterschiedlicher Fachrichtungen bestehend aus Mathematikern, Ingenieuren sowie Naturwissenschaftlern aus Deutschland und Europa zu fördern. Die Mitglieder des Fachausschusses haben die Möglichkeit sich regelmäßig zu treffen und zur stetigen Weiterentwicklung von Theorie, Methoden, Algorithmen und anwendungsbezogenen Themen beizusteuern. Alle Interessierte sind herzlich eingeladen dem Fachausschuss beizutreten und können sich auf der folgenden WWW-Seite anmelden: www.numhpc.org/AGUQ.

Das Kick-Off Treffen hat im Rahmen des Workshops Uncertainty Quantification for Computational Science and Engineering (24. - 25.07. in Karlsruhe) stattgefunden. Mehr Informationen können auf der genannten Fachausschuss-Webseite entnommen werden.

Initiatoren und provisorische Vorsitzende des Fachausschusses sind:

- Prof. Dr. Vincent Heuveline, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
- Prof. Dr. Fabio Nobile, École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)

Zur Förderung einer internationalen Kooperation über Europa hinaus wird zusätzlich angestrebt eine Brücke zur SIAM Activity Group on Uncertainty Quantification (SIAM/UQ) sowie der United States Association for Computational Mechanics (USACM) aufzubauen.

Vincent Heuveline studierte vom 1986 bis 1993 Mathematik an der Universität Würzburg und an der Université de Cean (Frankreich). 1997 promovierte er am Institut National de Recherche en Informatique et Automatique (INRIA) und an der Université de Rennes. Danach arbeitete er als wissenschaftlicher Assistent am Institut für Wissenschaftliches Rechnen (IW) der Universität Heidelberg. Es folgte die Habilitation und die Venia Legendi 2002 in Heidelberg. 2003 wechselte Prof. Heuveline als Vertretungsprofessor für Angewandte Mathematik an die Universität Erlangen-Nürnberg. Die Arbeitsschwerpunkte von Professor Vincent Heuveline liegen im Bereich der numerischen Simulation, Optimierung, High Performance Computing (HPC) und Cloud Computing. Insbesondere steht dabei die Analyse effizienter Lösungsansätze zur Lösung hochgradig komplexer und rechenintensiver Problemstellungen mit Hilfe von partiellen Differentialgleichungen im Fokus. Vincent Heuveline ist Mitglied zahlreicher Fachgremien; so ist er Mitglied der Heidelberg Karlsruhe Research Partnership (HeiKa), der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI) sowie der Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik e.V.. Zu dem ist er Beiratsmitglied des Höchstleistungsrechner für Wissenschaft und Wirtschaft Betriebsgesellschaft (HWW GmbH) sowie Sprecher und Koordinator der H²CI (High Performance Heterogeneous Computing Initiative, Exploiting multicore and coprocessor technology) in Baden-Württemberg.

Fabio Nobile is associate professor of Mathematics at the Ecole Polytechnique Federale de Lausanne since August 2011. He graduated in electronic engineering at Politecnico di Milano with full marks (cum laude) in 1998. PhD in Applied Mathematics at the Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, Switzerland, in 2001. He was awarded a ICES fellowship for a 2 year post-doc position at ICES, University of Texas at Austin. Assistant professorship at the Department of Mathematics, Politecnico di Milano, since January 2005. He has been visiting Faculty Fellow at ICES, University of Texas at Austin, for short periods in Summers 2005-09 and visiting professor at University Pierre et Marie Curie, Paris VI in May 2011.

Awarded the second prize at the 12th Leslie Fox Prize in 2005. He is author of around 30 publications on international journals and invited speaker at several international conferences and workshops. His main research activity is in numerical approximation of PDEs with stochastic coefficients, uncertainty quantification in computational models, numerical solution of fluid-structure interaction problems, modeling and simulation of the cardiovascular system.

NEUER GAMM FACHAUSSCHUSS

MATHEMATISCHE SIGNAL- UND BILDERARBEITUNG



Gitta Kutyniok

Das 21te Jahrhundert wird oftmals auch als Datenzeitalter bezeichnet. Durch neueste Technologien werden nicht nur ständig neuartige, sondern zudem auch hochkomplexe Datensätze – insbesondere Bilddaten – akquiriert, welche mit bisherigen Methoden nicht mehr auswertbar sind. Daher sind in verstärktem Maße mathematische Methoden von Interesse, die in der Lage sind, solche Daten effizient zu messen und zu übertragen, die eingebetteten Informationen und wichtigen Strukturen in passender Weise effizient zu extrahieren, und die Datensätze auch anschließend hochkomprimiert zu speichern.

Die mathematische Signal- und Bildverarbeitung bearbeitet eine Vielzahl dieser Fragestellungen und entwickelt mathematisch fundierte Methoden, die innerhalb einer vorher festgelegten Modellsituation beweisbar optimale Ergebnisse liefern. Die Anwendungen sind äußerst vielfältig, als Beispiele seien hier digitale Fotografie und Video, SAR Imaging, Magnetresonanz-Bildgebung, REM Mikroskopie sowie die Bildgebung in der zerstörungsfreien Prüfung genannt. Für die Entstörung und Rekonstruktion von Signalen und Bildern verschiedenster Bauart kommen sowohl Methoden der Variationsrechnung und der konvexen Analysis, als auch Ansätze mittels nichtlinearer partieller Differentialgleichungen wie der anisotropen Diffusion, sowie verallgemeinerte Wavelet-Methoden aus der Angewandten Harmonischen Analysis, wie z.B. Shearlets, zum Einsatz. Für die in den letzten Jahren verstärkt auftretenden hochdimensionalen Datensätze wurden zahlreiche neue mathematische Ansätze zur Auswertung vorgeschlagen, u.a. nichtlineare Methoden zur Dimensionsreduktion als auch neue Verallgemeinerungen der Wavelet-Theorie wie z.B. Diffusion-Wavelets. Zur effizienten Messung hochdimensionaler Datensätze wurde ferner 2006 das neue Gebiet des Compressed Sensing eingeführt. Unter der fast immer erfüllbaren Voraussetzung, dass die Originaldaten eine dünnbesetzte (sparse) Darstellung bzgl. einer Basis oder, allgemeiner, eines Frames besitzen, erlaubt Compressed Sensing erstaunlicherweise, die Daten aus sehr wenig linearen, nicht-adaptiven Messwerten mittels Methoden aus

der konvexen Optimierung vollständig zu rekonstruieren. Compressed Sensing liefert gleichzeitig u.a. neue Ansätze zur Regularisierung inverser Probleme oder Methoden zur morphologischen Analyse von Bildern.

Die enorme Breite der Fragestellungen bei der Entwicklung mathematischer Methoden zur Signal- und Bildverarbeitung, welches der Schwerpunkt unseres Fachausschusses ist, erfordert eine enge Zusammenarbeit von Mathematikern, Informatikern und Ingenieuren.

Die thematischen Schwerpunkte unseres Fachausschusses beinhalten insbesondere die Anwendung von z.B. Angewandter Harmonischer Analysis und Frame Theorie, Compressed Sensing, Geometrischen und Topologischen Techniken, Mathematischer Morphologie, Partiellen Differentialgleichungen, Probabilistischen und Statistischen Methoden, und Variationsmethoden in den Gebieten von u.a. Signal- und Bildakquisition und -bearbeitung, Mustererkennung, Computer Vision und Machine Learning.

In diesem Sinne wurde auf der GAMM Tagung 2012 in Darmstadt der GAMM Fachausschuss „Mathematische Signal- und Bildverarbeitung“ eingerichtet. In der konstituierenden Sitzung am 27.03.2012 an der TU Darmstadt wurde G. Kutyniok (TU Berlin) als Vorsitzende und G. Plonka-Hoch (U Göttingen) und G. Steidl (U Kaiserslautern) als stellv. Vorsitzende gewählt. Unser Fachausschuss hat sich zum Ziel gesetzt, das Gebiet der „Mathematischen Signal- und Bildverarbeitung“ weiterzuentwickeln und zu verbreiten, junge Wissenschaftler(innen) zu fördern und ferner die Kommunikation zwischen den Forschergruppen aus der Mathematik, Informatik und den Ingenieurwissenschaften zu verbessern. Hierzu werden neben einem jährlich stattfindenden GAMM-Workshop weitere Symposien und Sektionen auf Tagungen aus dem Fachausschuss heraus organisiert, ein Newsletter wird regelmäßig ausgegeben und ein Jobforum befindet sich in der Vorbereitung. Auf unserer Webseite www.math.tu-berlin.de/GAMM-MSIP sind diese und verschiedene weitere Aktivitäten unseres Fachausschusses aufgeführt. Bei Interesse laden wir jeden herzlich dazu ein Mitglied zu werden.

Prof. Dr. Gitta Kutyniok, geboren am 22. September 1972 in Bielefeld. Studium der Mathematik und Informatik an der Universität Paderborn, 1996 Diplome in Mathematik und Informatik, 2000 Promotion in Mathematik, 2001 Visiting Assistant Professor am Georgia Institute of Technology, 2002-2004 wiss. Mitarbeiterin an der Universität Paderborn und Justus-Liebig-Universität Gießen, 2004-2005 Post-Doc und Forschungsstipendiatin an der Washington University in St. Louis und am Georgia Institute of Technology, 2005-2007 wiss. Mitarbeiterin an der Justus-Liebig-Universität Gießen, 2006 Habilitation und Verleihung der Venia Legendi, 2007-2008 Post-Doc und Heisenbergstipendiatin an der Princeton University, Stanford University und Yale University, 2008-2011 W3-Professorin am Institut für Mathematik der Universität Osnabrück, seit 2011 Einstein-Professorin und W3-Professorin am Institut für Mathematik der TU Berlin. Weierstraß-Preis des Fachbereichs Mathematik/Informatik der Universität Paderborn für hervorragende Lehre (1998), Forschungspreis der Universität Paderborn (2003), Preis der Justus-Liebig-Universität Gießen (2006), Heisenberg-Stipendium der DFG (2006), von Kaven-Ehrenpreis der DFG (2007). Seit 2012 Vorstandsmitglied der Berlin Mathematical School und Vorsitzende des GAMM Fachausschusses „Mathematische Signal- und Bildverarbeitung“; ca. 100 Veröffentlichungen. Aktuelle Forschungsinteressen: Angewandte Harmonische Analysis, Approximationstheorie, Bildverarbeitung, Compressed Sensing, Frame-Theorie, Hochdimensionale Datenanalyse, Partielle Differentialgleichungen.



OPENING ADDRESS AT GAMM MEETING 2012

VOLKER MEHRMANN

Dear President Prömel,
dear GAMM members,
I welcome all of you to the annual meeting of GAMM in Darmstadt. This is the third time the annual meeting takes place in Darmstadt after 1950 and

1966 and I would like to thank the chairs of the local organizing committee, Hans-Dieter Alber and Cameron Tropea and their staff for taking on the burden to organize this big meeting and for all the hard work that they have put into this. I think that TU Darmstadt as one of major German technical universities is a perfect place for this meeting which I am sure will be a great success.

This is my second annual meeting as president of GAMM and I consider it a great honor and privilege to stand here and address you on the occasion of the opening of this 83rd annual meeting of GAMM. Let me take this opportunity to discuss a few ideas about the current situation and future developments of the areas of Applied Mathematics and Mechanics. We are in the middle of a tremendous change of paradigm in science and engineering. Numerical simulation has established itself as the third pillar of knowledge gathering and model based simulation, design, control and optimization have become an indispensable part of scientific, technological and societal development.

Besides classical physical systems, more and more biological systems are considered. The virtual human and its medical treatment is becoming a realistic scenario, as is the virtual car or airplane now. Even a full computer model of human cells and all the mechanical and chemical processes are on the horizon.

Such mathematical models, whether they are very detailed or still coarse, allow simulation, but also testing, prediction, control and optimization. While the models get more and more sophisticated on all levels, the numerical simulation methods, the analysis of the models and the control and optimization get harder and harder. As an extra difficulty, the models more and more become multi-scale models and contain different levels of uncertainty. At the same time, the influence of stochastic components is increasing such as in weather or climate prediction, or in the incorporation of financial, ecological or economical risk.

Furthermore, sudden political decisions like e.g. the new German energy policy lead to new challenges such as creating more efficient solar cells or better electricity storage facilities and nets.

The GAMM, our society, and the research of our members is at the heart of these development. Applied Mathematics and Mechanics, the theory, the models and methods that we are studying form the scientific foundations for the progress. But in this fast and drastically changing world, a society like GAMM has to be ready to adapt to the changes. These not only arise in the directions of research but also in the way scientific results are produced and disseminated and how they are taught to the next generation scientists and engineers. As an example, I would like to mention the fast development of the

internet and that it should be used to all our advantage. Typical scientific careers are today highly accelerated, with Junior Professors or Junior Research Groups taking on responsibilities very early on the career path, it is necessary to integrate the young generation better into the processes and I also mean the development of the GAMM. We need more young scientists to take up the large challenges and in particular we have to get a much larger percentage of women into science and engineering.

To achieve these goals, new directions in the way a society like GAMM is operating have to be taken. In the last 5 years, many changes in the operating principles of GAMM and the decision processes have been taken. This includes e.g. the installment of internet voting, which is active since this year and I hope that many members have made use of this already. On the scientific side the opening of three new GAMM activity groups on important current research topics ('Uncertainty quantification', Chair: Vincent Heuveline KIT, 'Computational science and Engineering', Chair: Ulrich Rüdiger Univ. Erlangen/Nürnberg' and 'Mathematical image processing', chair Gitta Kutyniok, TU Berlin) have been installed at the executive board. These activity groups now welcome those of you who are interested to participate.

Another important step to get more young scientists involved is the installment of the group of 'GAMM Juniors'. In this group, every year ten young scientists from Applied Mathematics and Mechanics are chosen by the GAMM Junior committee based on nomination of the GAMM university representatives. They receive a free membership for 3 years and meet for special scientific meetings. Furthermore, the chair of the group becomes a member of the GAMM future committee. The group has met for the first time on February 17 in Berlin and has already set up an agenda for bringing new ideas into the operation of GAMM. The group elected Felix Fritzen from KIT as first chair.

We hope that these activities and other important activities help to modernize the GAMM and make it fit for the great challenges that are ahead of us. We welcome further activities that are currently taking place from the analysis, reform or new installment of bachelor, master and PhD programs, to take influence on the curricula of school education, after all today's pupils are tomorrow's researchers. We have to work hard to better integrate the many GAMM members from non-German speaking countries and to form stronger cooperation with similar societies in Europe and worldwide. We need more of you to get active on the European level and to acquire more financial support for Applied Mathematics and Mechanics.

We have to further strengthen the role of the GAMM activity groups, they should get involved in suggesting members of committees such as the executive board as they already do in program committee.

I call upon you to take up activities to change the GAMM and to prepare it for the challenges of the future.

I think, we are on a good path and that we can make a difference. With these final words I wish all of you a scientifically and socially successful meeting here in Darmstadt.

Volker Mehrmann, President

83. GAMM-JAHRESTAGUNG

HANS-DIETER ALBER UND CAMERON TROPEA, DARMSTADT

Die 83. Jahrestagung der GAMM fand vom 26.-30. März 2012 in Darmstadt statt. Das neuerbaute Kongresszentrum, das angrenzende neue Eingangsgebäude der Technischen Universität und die in den letzten Jahren umfassend renovierten Hörsäle boten günstige Voraussetzungen zur Durchführung einer so großen Tagung. Sicherlich haben diese vorteilhafte räumliche Situation und die verkehrsgünstige Lage die GAMM mitveranlasst, die Jahrestagung im 90. Jahr nach ihrer Gründung wieder einmal nach Darmstadt zu vergeben. Auch der Wettergott spielte mit. Es herrschte sonniges Frühlingswetter, das insbesondere in den ersten drei Tagen geradezu perfekt war.

Nach einer langen Pause war die GAMM mit ihrer Jahrestagung zum dritten Mal in Darmstadt zu Gast. Die 22. und die 38. Jahrestagung fanden in den Jahren 1950 und 1966 an der Technischen Hochschule statt. Die Tagung im Jahr 1950 war die erste Jahrestagung nach dem Krieg und hat historische Bedeutung für die GAMM, weil sich auf dieser Tagung die beiden nach der Katastrophe des Krieges in der britischen und amerikanischen Zone getrennt neubelebten Zweige der GAMM wieder zur alten GAMM zusammenschlossen. Übrigens wurde auf dieser Tagung auch Ludwig Prandtl zum Ehrenmitglied gewählt. Die auf der 22. Tagung gefassten Beschlüsse haben die Entwicklung der GAMM in den vergangenen 60 Jahren bestimmt. In Anbetracht des seitherigen, damals nur von Visionären vorhersehbaren stürmischen Fortschritts beim elektronischen Rechnen und den dadurch ausgelösten fundamentalen Entwicklungen in Mathematik und Mechanik wird man es als ein Symbol für die in der GAMM vorhandene Weitsicht auffassen, dass der Leiter dieser in die Zukunft gerichteten Tagung Alwin Walther war, einer der Pioniere des maschinellen Rechnens.

Man kann die Entwicklung der GAMM zwischen der 22. und der 83. Tagung ermessen, wenn man die Daten dieser beiden Tagungen vergleicht. Fr. A. Willers schreibt in der ZAMM zur 22. Tagung im Jahr 1950: Der Besuch der Tagung war außerordentlich stark. Nicht weniger als 240 Mitglieder und Nichtmitglieder der Gesellschaft aus dem In- und Auslande hatten sich eingefunden. Rund 60 Vorträge wurden gehalten, so daß es sich leider erforderlich machte, Parallelsitzungen einzurichten. Dieser Schönheitsfehler wurde dadurch gemildert, daß sich jeder an Hand der gedruckt vorliegenden kurzen Vortragsauszüge die Vorträge aussuchen konnte, die ihn besonders interessierten.

Bei der 83. Tagung hatten sich mehr als 970 Teilnehmer registriert und in den 24 parallelen Vortragssektionen, den 12 Minisymposien und im Plenum wurden etwa 800 Vorträge gehalten, die durchgehend ein gutes und sehr gutes Niveau hatten. Von den Teilnehmern waren etwa 25% Mitglieder, 20% waren ausländische Teilnehmer, die sich auf 30 Ursprungsländer verteilten.

Die Anzahl der Vorträge hat sich also mehr als verdreizehnfach, und was 1950 als Schönheitsfehler gesehen wurde, wird man heute als Vorteil deuten: Die 24 Parallelsektionen decken ein breites wissenschaftliches Spektrum aus der Mathematik und Mechanik ab. Durch dieses weitgefächerte wissenschaftliche Spektrum bietet



die GAMM-Jahrestagung daher insbesondere den vielen jungen Teilnehmern eine beinahe einzigartige Möglichkeit, sich interdisziplinär zu bilden, Kenntnisse auf anderen als dem eigenen Forschungsfeld zu erwerben und sich auf einem breiten Forschungsfeld zu orientieren. Wir sehen eine Chance für die Jahrestagung und eine wichtige Aufgabe der GAMM darin, diese Bildungs- und Orientierungsmöglichkeiten durch aktive Weiterentwicklung der Jahrestagung zu stärken. Dies wird der immer weiteren Spezialisierung entgegenwirken und die Forschung befruchten. Wir sind optimistisch, dass die GAMM-Jahrestagung diese notwendigen Aufgaben erfüllen kann und sich auch in der Zukunft positiv entwickeln wird.

Traditionsgemäß fand die von der DGLR und der GAMM gemeinsam veranstaltete Ludwig-Prandtl-Gedächtnisvorlesung direkt nach der Eröffnung der Tagung statt. Diese Vorlesung wurde von Professor Josef Ballmann von der RWTH Aachen gehalten, der über Aero-Struktur-Dynamik großer Flugzeugtragflügel in schallnaher Strömung sprach. Am Abend des ersten Tages wurden die Tagungsteilnehmer zum Eröffnungsempfang im großen Saal des beeindruckenden Kongresszentrums eingeladen. Auf diesem Empfang sprach Stadtrat Peter Schmidt ein bemerkenswertes Grußwort als Vertreter der Stadt Darmstadt. Ein Höhepunkt der Jahrestagung ist die Verleihung des Richard-von-Mises-Preises der GAMM und der anschließende Plenumsvortrag des Preisträgers. Dieses Jahr ging dieser Preis an Frau Juniorprofessor Swantje Bargmann von der TU Dortmund.

Viel Zuspruch, auch von außerhalb der Universität, fand der Öffentliche Vortrag von Thomas Reiter am Dienstagabend. Als ehemaliger Astronaut und Direktor der neuen Direktion für Bemannte Raumfahrt der ESA erläuterte er in einem engagierten Vortrag die „Perspektiven für die bemannte Raumfahrt und den Missionsbetrieb in Europa“. Ein weiterer Höhepunkt der gesellschaftlichen Komponente der Tagung war das Konferenzdinner am Mittwochabend mit etwa 400 Teilnehmern.

Minisymposien und Sektionssitzungen fanden von Montag bis Donnerstag jeweils an den Nachmittagen statt. Die Tagung endete am Freitag mit vier Hauptvorträgen.

Die lokalen Organisatoren wurden von der GAMM bei der Vorbereitung und Durchführung der Tagung stark unterstützt. Dafür bedanken wir uns herzlich. Unser spezieller Dank gilt der Geschäftsstelle und dem Sekretär der GAMM, Herrn Kollegen Michael Kaliske.

RICHARD-VON-MISES-PRIZE 2012

LAUDATION ON SWANTJE BARGMANN BY BOB SVENDSEN

Ladies and Gentleman,

it is my great pleasure to present to you this years' von Mises Prize winner Swantje Bargmann. To start right off the bat with the punch line, let me say that I have seldom met a more goal-oriented up-and-coming young scientist than Swantje. In particular, as with many of her peers, the goal involved is a successful career as an international scientist and university professor. Her many accomplishments (which I will address in a moment) lend credence to this claim. Not the least of these accomplishments is having in fact already achieved a large part of her goal. Indeed, she has recently accepted an appointment as full professor at the Technical University of Hamburg at the ripe young age of 32. Although perhaps not remarkable for mathematicians in Germany, this is certainly the case for scientists in German mechanics and engineering. Hopefully a sign of changing times in the national and international university scene.

In any case, that is the current point in her story. So let me step back a bit and tell you a little about how she arrived there.

After completing her high school degree (Abitur) in 1999 at the Städtisches Gymnasium Heißen in Mülheim with top marks, she decided that a change of venue was in order (at least for the time being) and moved south to Kaiserslautern to attend university. With the help of a grant from the Friedrich-Ebert Foundation, she majored in mathematics and minored in mechanical engineering at the Technical University Kaiserslautern, where she graduated summa cum laude in 2004 in only 9 semesters. These were not all spent in Kaiserslautern, however. Indeed, during this time, she spent a semester abroad as an ERASMUS exchange student at the Université Louis Pasteur in France during the winter semester of 2001-2002. As well, she participa-

ted in an international summer school in Pristina, Kosovo. True to her goal, she went straight on after graduation to begin Ph.D. work in the group of Paul Steinmann in Kaiserslautern, who is well-known for recognizing and nurturing the potential of budding young scientists.

In her Ph.D. work, Swantje focused on the formulation, numerical implementation and application of models for extended thermo-hyperelasticity based on the Green-Naghdi concept of thermal displacement. In particular, this approach may be applied to the simulation of the phenomenon of second sound. In contrast to the well-known Fourier case, this represents wave-like heat conduction which arises in certain metallic systems at very low temperatures. Besides being of theoretical interest, these models pose a number of interesting challenges for computational mathematics and mechanics. The various aspects of this work were presented at international meetings and resulted in a number of publications in international peer-reviewed journals.

I myself became acquainted with Swantje and her work during this phase of her career as a participant in her thesis defense committee in 2008. In fact, we hit it off so well that she decided to come to us at the Institute of Mechanics in Dortmund for a post-doc in 2009. This was followed in relatively short order by her appointment as assistant (junior) professor for computational material modeling in 2010, which she topped off for good measure with a habilitation degree in mechanics in 2011. Before coming to us in Dortmund in 2009, she first spent a nine-month post-doc with Kenneth Runesson and Magnus Eck in the Division of Material and Computational Mechanics at the Chalmers University of Technology in Gothenburg, Sweden. This is but one example of one of her most striking features – a strong interest in and pursuit of international scientific cooperation. Indeed,



already during her Ph.D. phase, Swantje had initiated and cultivated a number of such international collaborations around the world. Besides at Chalmers University in Sweden, these have been or continue to be with colleagues at the Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST) in Daejeon, South Korea, at the Hokkaido University in Sapporo, Japan, and most recently in South Africa at the University of Capetown. These collaborations have resulted in a number of joint publications and numerous conference presentations on quite diverse subjects such as (1) simulation of cryo-volcanism on the moon Enceladus of Saturn, (2) numerical modeling of induced anisotropy in polar ice, (3) simulation of solvent penetration in glass-like polymers, (4) extended continua and in particular gradient crystal plasticity, (5) two-scale modeling of induced anisotropy in sheet metals. Such diversity attests in particular to a strong interest in interdisciplinary research. I mean, really, what can be more interdisciplinary than applying Green-Naghdi low temperature thermo-elasticity to the moons of Saturn? Somewhat more down to earth (but not necessarily less exotic) is her von Mises Prize related work on gradient crystal plasticity. In this work, she has developed advanced incremental variational mixed and dual finite-element strategies to deal with the algorithmic and numerical challenges afforded by complex material models for processes such as latent hardening.

As one might imagine from such a track record, her work has been recognized as well through a number of awards over the years. These include for example the Rudolf-Chaudoire-Prize of the TU Dortmund or the Heinz Maier-Leibnitz-Prize of the German Science Foundation, not to mention the current Richard von Mises Prize of the GAMM.

As well, such a strong focus toward research on her part might lead one to think that Swantje has little or no

interest in teaching. In fact, just the opposite is the case, both nationally and internationally. For example, like many of her peers in the engineering mechanics area, she has subject herself to the „baptism by fire“ of teaching first year technical mechanics to very large groups of engineering students and lived to talk about it. In fact, with flying colors. Indeed, in their evaluation of her performance, otherwise merciless students have in fact judged her as being well-organized, well-prepared and very helpful, something that doesn't surprise me at all. Besides technical mechanics, she has also successfully held a number of higher level courses. For example on continuum mechanics or the finite-element method at the TU Dortmund. In addition, she has given similar lectures and held classes at other universities such as Chalmers University in Sweden. So, in summary, Swantje's story speaks for itself. Together with numerous colleagues around the world, it has been a pleasure for me to support Swantje during the formative years of her career. In fact, like many of us, I have profited in many ways from collaboration with former Ph.D. students and post-docs of Paul Steinmann who, like Swantje Bargmann, are now colleagues. Not to mention Paul himself, who unfortunately could not be with us today and for whom I am very happy to stand in here. Although our work together has really been great, I must confess, in one point, I just couldn't get Paul to be cooperative. Indeed, no matter what I tried, I just couldn't convince him to let me in on his most cherished, well-kept secret to success. But don't get me wrong – of course I am referring to his ability to attract and promote promising young scientists of BOTH sexes. In any case, I think you will join me in wishing Swantje Bargmann all the best in the further pursuit of her goals in her career and in her life.

So, I think I've said enough. Thanks very much!

Bob Svendsen

BESCHLUSSPROTOKOLL ZUR HAUPTVERSAMMLUNG 2012 DER GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE MATHEMATIK UND MECHANIK E.V.

Die Hauptversammlung der GAMM-Jahrestagung 2012 in Darmstadt fand am Mittwoch, dem 26. März 2012, in der Zeit von 11:00 – 12:15 Uhr im Audimax der Technischen Universität Darmstadt statt.

Zu Beginn der Veranstaltung waren 103 Mitglieder anwesend. Den Vorsitz der Hauptversammlung führte der Präsident, Herr Mehrmann, das Protokoll führte der Sekretär, Herr Kaliske.

Alle Mitglieder wurden satzungsgemäß unter Angabe der folgenden Tagungsordnung im Februar 2012 schriftlich eingeladen:

1. Bericht des Präsidenten,
2. Bericht des Schatzmeisters,
3. Bericht der Kassenprüfer
4. Entlastung des Vorstandes,
5. Wahlen:

Kassenprüfer: Prof. M. Heilmann, Prof. B. Tibken

Mitglieder des Vorstands: Prof. S. Reese, Aachen, 2. Amtsperiode, nicht wiederwählbar, Prof. B. Wohlmuth, München, 2. Amtsperiode, nicht wiederwählbar, Prof. P. Eberhard, Stuttgart, 1. Amtszeit, wiederwählbar

6. Mitgliedsbeiträge;
7. Fachausschüsse;
8. Verschiedenes

1. Bericht des Präsidenten

Der Präsident informiert über:
das Ableben von Mitgliedern der Gesellschaft,
die Einrichtung von drei neuen Fachausschüssen,
die Ernennung von GAMM-Juniors,
die Einführung des Dissertationspreises der Dr.-Klaus-Körper-Stiftung,
die Einführung von GAMM Repräsentanten,
die Einrichtung der GAMM Lecture-Notes,
die elektronische Wahl,
die Vorbereitung und Planung der zukünftigen GAMM-Jahrestagungen.

2. Bericht des Schatzmeisters

Der Schatzmeister, Herr Günther, stellt den Kassenbericht für den Zeitraum vom 01.01.2011 bis 31.12.2011 vor. Anfragen wurden nicht gestellt.

3. Bericht der Kassenprüfer

Herr Kaliske verliest den Bericht der Kassenprüfer, Frau Heilmann und Herrn Tibken, für das Jahr 2011.

Die Überprüfung der Einnahmen und Ausgaben erfolgte stichprobenartig auf der Grundlage des Kassenberichts des Schatzmeisters. Alle vorgelegten Unterlagen waren vollständig. Es

ergaben sich keine sachlichen Beanstandungen, Empfehlungen wurden nicht ausgesprochen.

Die Kassenprüfer beantragen die Entlastung des Schatzmeisters.

4. Entlastung des Vorstandes

Auf Antrag von Herrn Pfeiffer, München, wird der Vorstandsrat einstimmig bei 6 Enthaltungen entlastet.

5. Neuwahlen

Der Vizesekretär, Herr Ehlers, leitet das Wahlverfahren.

Einstimmig bei 6 Enthaltungen werden die Kassenprüfer, Frau Heilmann und Herrn Tibken, wiedergewählt.

Der Vizesekretär stellt die zur Wahl stehenden Kandidaten vor. Die geheime Abstimmung (Urnenwahl und elektronische Wahl) führt auf folgendes Ergebnis:

Vorstandsrat

Dynamik und Regelungstheorie	P. Eberhard	299 Stimmen	(53 Enth.)
Festkörpermechanik	R. Lammering	279 Stimmen	(73 Enth.)
Angewandte Analysis und Numerische Simulation	C. Wieners	307 Stimmen	(45 Enth.)

Die jeweilige Amtszeit beginnt am 1. Januar 2013 und endet am 31. Dezember 2015.

6. Mitgliedsbeiträge

Anträge oder Anfragen liegen nicht vor.

7. Fachausschüsse

Der Vizesekretär, Herr Ehlers, berichtet über die Evaluation der Fachausschüsse „Magnetisch kontrollierte Strömungen“ (Odenbach), „Angewandte Operatortheorie“ (Jacob), „Optimierung mit partiellen Differenzialgleichungen“ (Schulz). 3 Anträgen auf Gründung von neuen Fachausschüssen hat der Vorstandsrat zugestimmt: „Mathematische Signal- und Bildverarbeitung“ (Kutyniok), „Uncertainty Quantification“ (Heuveline) und „Computational Science and Engineering“ (Röhrle). Ergänzungen oder Anfragen zu dem Bericht liegen nicht vor.

8. Verschiedenes

Es liegen keine Wortmeldungen vor. Die nächste Hauptversammlung findet voraussichtlich 20. März 2012 in Novi Sad statt.

Berlin, 04.05.2012

Volker Mehrmann

Präsident

Dresden, 11.05.2012

Michael Kaliske

Sekretär

PERSONALIA

Todesfälle, wir gedenken:

Prof. Dr. rer. nat. Julius Albrecht, Clausthal
Prof. em. Dr.-Ing. Dieter Besdo, Hannover

Prof. Christof Eck, Stuttgart
Prof. Dr. Helmut Brass, Braunschweig
Prof. Ph. D. Dr.-Ing. habil. Dr.-Ing. E.h. Gerhart
Schueller, Innsbruck

BERICHT DES PRÄSIDENTEN

HAUPTVERSAMMLUNG GAMM 2012

Sehr geehrte GAMM Mitglieder, ich begrüße sie herzlich bei der diesjährigen Hauptversammlung der GAMM hier in Darmstadt und möchte Ihnen einen kurzen Bericht über die Entwicklung der GAMM in den letzten 12 Monaten geben.

Auf der letzten Vorstandssitzung sind 3 neue Fachausschüsse etabliert worden:

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

Die Ausschüsse werden sich nun etablieren und sich im Rundbrief vorstellen. Alle interessierten Mitglieder der GAMM sind aufgefordert, sich in diesen Ausschüssen zu engagieren. In diesem Jahr ist zum ersten Mal die Gruppe ‚GAMM Juniors‘ ausgewählt worden, die sich durch herausragende Leistungen in Diplom- und/oder Doktorarbeiten auf dem Gebiet der Angewandten Mathematik oder Mechanik auszeichnen. Die Gruppe hat sich am 17.02.2012 in Berlin getroffen und einen wissenschaftlichen Workshop durchgeführt. Felix Fritzen vom KIT Karlsruhe ist als erster Sprecher gewählt worden und damit auch Mitglied des Zukunftsausschusses der GAMM. GAMM-Juniors sind auf drei Jahren gewählt und in dieser Zeit beitragsbefreit. Sie werden von den GAMM-Repräsentanten der Hochschulen vorgeschlagen. Leider ist die Nennung von GAMM-Repräsentanten noch etwas schleppend. Ich fordere Sie alle auf, an Ihrer Hochschule einen Repräsentanten zu benennen und an die Geschäftsstelle zu melden.

Auf Vorschlag der Zukunftskommission sind einige weitere Neuerungen beschlossen worden. So soll auf den kommenden Jahrestagungen ab 2014 die Anzahl der Hauptvorträge und Minisymposien reduziert und die Themen der regulären Minisymposien und der Young-Researchers Minisymposien gemeinsam ausgewählt werden. Es sollen außerdem in Zukunft die Hauptvorträge nicht in der ersten Einheit an den Vortragstagen stattfinden.

Es werden in Zukunft jährlich 4 im vorigen Jahr abgeschlossene Dissertationen als beste Dissertationen ausgezeichnet. Die Preisgelder werden von der Dr. Klaus-Körper Stiftung gesponsort. Die Auswahl der Preisträger erfolgt vom Ausschuss, der auch GAMM Juniors und Young Researchers Minisymposien auswählt, bestehend aus den Herren Mehrmann, Oberlack, Plum und Schröder.

In diesem Jahr werden zum ersten Mal Anträge an die Dr. Klaus-Körper Stiftung bewilligt, deren Ziel in der GAMM ist, den wissenschaftlichen Nachwuchs zu fördern. So wird der Richard-von-Mises Preis von der Stiftung finanziert. Der Vorstand der GAMM hat ein Komitee zur Vergabe der Mittel installiert. Mitglieder sind die KollegInnen Conti, Günther,



Reese, und Oberlack. Der Vorstand der Stiftung besteht aus den Kollegen Kaliske, Mehrmann und Wriggers (Vorsitz). Wie im letzten Jahr angekündigt, ist die GAMM Lecture Notes Reihe etabliert in Zusammenarbeit mit dem Springer-Verlag und alle Mitglieder sind aufgefordert, Manuskripte einzureichen. Die Herausgeber sind die Herren Mielke und Svendsen.

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

Die nächsten Jahrestagungen werden in

- 18.-22.03.2013 Novi Sad, Serbien
- 2014 Nürnberg/Erlangen
- 2015 Lecce, Italien
- 2016 München
- 2017 Weimar

stattfinden. Eine Einladung zur Tagung in Novi Sad erfolgt in Kürze.

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

Ich wünsche Ihnen weiterhin eine anregende Tagung.

BRAINSTORMING MIT DER INDUSTRIE: MATHEMATIK-WORKSHOPS LÖSEN PRAKTISCHE PROBLEME

VON BARBARA WAGNER

Sowohl große Industriekonzerne als auch mittelständischen Unternehmen stehen vor der Herausforderung, sich auf die immer kürzeren Innovationszyklen bei gleichzeitig zunehmendem Kostendruck und zunehmender Ressourcenverknappung einzustellen, um im globalen Wettbewerb zu bestehen. In diesem Spannungsfeld erweist sich das innovative Potential der angewandten Mathematik als eine attraktive Möglichkeit, neue Prozesse umfassend zu modellieren und zu analysieren, um neue und optimierte Lösungswege und Verfahren für die industrielle Anwendung auszuloten.

Dies ist eine Kernmotivation der Industrieworkshops „Mathematische Probleme in der Industrie“, im englischsprachigen Raum auch als „Study Groups with Industry“ bekannt. Die Idee für diese Workshops geht im wesentlichen auf die Oxford Study Groups der sechziger Jahre zurück und hat sich mittlerweile weltweit als eine äußerst erfolgreiche Plattform für die Zusammenarbeit zwischen Industrie und angewandten Mathematikern in Universität und Forschungseinrichtungen etabliert.

In diesen 4-5-tägigen Workshops wird den Industriepartnern die Gelegenheit gegeben, eine für sie wichtige Fragestellung einem interdisziplinären Expertenteam aus angewandten Mathematikern und Kollegen aus den Anwendungsgebieten vorzustellen, und mit ihnen gemeinsam in den folgenden Tagen neue Modellierungsansätze und Lösungswege zu erarbeiten. Eine Zusammenfassung zum Schluss des Workshops erörtert, wie die während des Workshops gewonnenen Ergebnisse in einer längerfristigen Zusammenarbeit mit den Industriepartnern weiterverfolgt werden können, und welche neuen mathematischen Methoden und moderner numerischer Algorithmen dabei eingesetzt werden sollten. Eine wichtige Komponente dieser Workshops ist dabei die Beteiligung junger Wissenschaftler, d.h. von Doktoranden und Postdocs, die sich so schnell in die Komplexität und Vielschichtigkeit eines realen Industrieproblems hineinfinden können und danach oft auch an der längerfristigen Zusammenarbeit beteiligt sind.

Ein Netzwerk, das die Study Group Idee besonders verinnerlicht hat, ist ECMI (European Consortium for Mathematics in Industry, <http://www.ecmi-indmath.org>). Viele der Mitgliedsinstitutionen von ECMI haben selbst schon Study Groups organisiert oder sich mit ihren Wissenschaftlern an ihnen beteiligt. Anlässlich seines 25-jährigen Bestehens widmet das Konsortium den Study Groups ein eigenes Minisymposium während der diesjährigen ECMI-Konferenz (23-29 Juli, Lund).

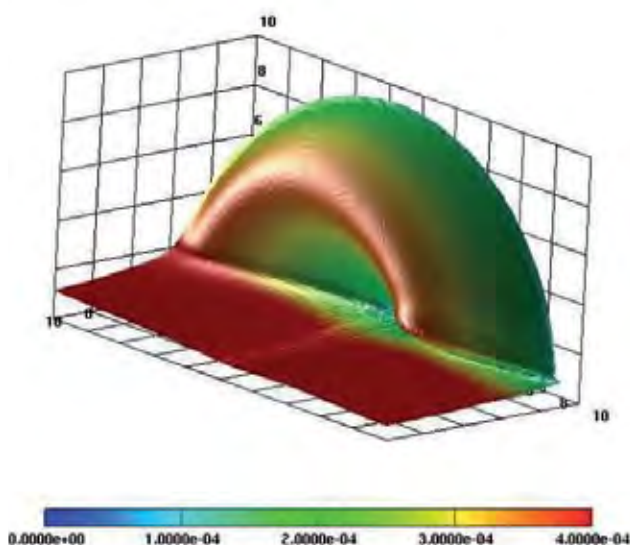


Abbildung 1: Ergebnisse einer Study Group zur Production von PET: Profil eines Films aus Polymerschmelze der durch Rotation aus einem Reservoir auf einer duennen Scheibe verteilt wird. Numerische Loesung eines Lubrikationsmodells

Während viele der jungen Wissenschaftler erst durch einen solchen Workshop mit einem realen Industrieproblem konfrontiert werden, gibt es auch die Möglichkeit, schon während des Mathematikstudiums Industrieprobleme und

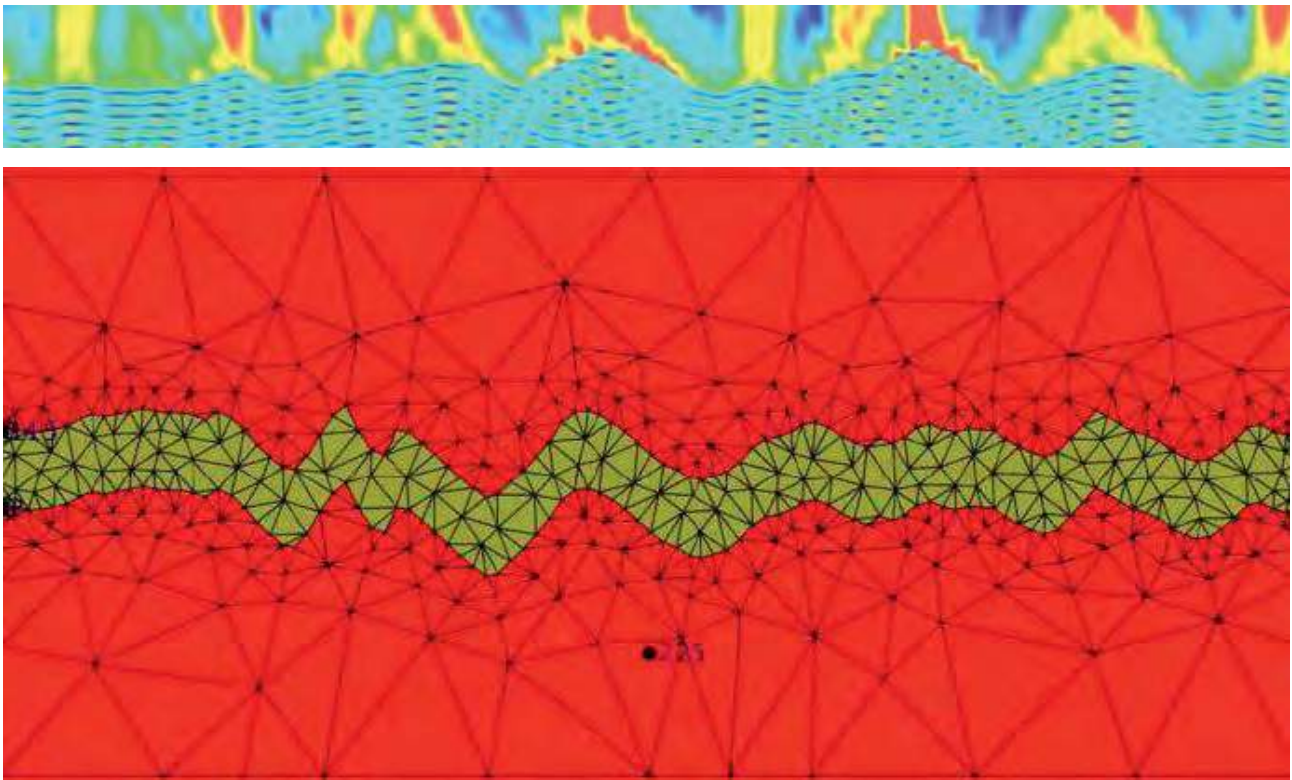


Abbildung 2: Ergebnisse aus einer Study Group zum Light Trapping in Duenschichtszellzellen:
 (Oben) Räumliche Verteilung der Intensität des elektrischen Feldes an einer ZnO/Luft Grenzschicht.
 (Unten) Struktur einer ZnO/a-Si Schicht.

das nötige mathematische und anwendungsspezifische Fachwissen im Rahmen sogenannter „Modelling Weeks“ kennenzulernen. So bietet ECMI jedes Jahr solche Modellierungswochen an, die sich an Studierende richten und Voraussetzung für den Erwerb von ECMI-Abschlüssen oder Zertifikaten sind. In ähnlicher Weise werden auch in den USA regelmäßig „Modelling Camps“ veranstaltet. Darüber hinaus wird in einer umfangreichen OECD Studie von 2009 (<http://www.oecd.org/dataoecd/31/19/42617645.pdf>) dargelegt, dass im Vergleich zu vielen anderen Netzwerken und Organisationen, die Kooperationen mit der Industrie anstreben und betreiben, der langjährige Erfolg der Study Groups auf die direkten, intensiven Diskussionen zwischen akademischen und Industrieteilnehmern und die sehr konzentrierte Arbeitsatmosphäre während der mehrtägigen Workshops zurückgeht.

Die Organisation solcher Industrieworkshops erfordert allerdings ein gutes Einfühlungsvermögen in die Situation der Industriepartner. Diese müssen zum einen verstehen, mit welchen „Werkzeugen“ angewandte Mathematiker arbeiten und wie diese ihnen bei der Bewältigung ihrer Probleme helfen können. Zudem geben die beteiligten Firmen mit der Problemstellung auch Informationen preis, aus denen Wettbewerber Vorteile ziehen könnten. Dieser Punkt erfordert insbesondere dann Beachtung, wenn die Industrieworkshops einen relativ engen Fokus haben, wie

es zum Beispiel bei den Workshops zum Thema „Dünnschichtszellzellen“ oder „Verfahrenstechniken dünner Flüssigkeitsfilme“ der Fall war, die in den letzten Jahren im Rahmen von Matheon/WIAS durchgeführt wurden.

Für eine erfolgreiche Organisation solcher Industrieworkshops hat es sich als sehr nützlich erwiesen, mit Kollegen aus den Ingenieurwissenschaften und durch persönliche Kontakte mit Industriepartnern Probleme zu identifizieren, deren Lösung für alle beteiligten Firmen von grundlegender Bedeutung ist. Während des Workshops können die Firmen dann überlegen, die Zusammenarbeit längerfristig mit einem kleineren Expertenteam aus den Teilnehmern weiterzuentwickeln, und dann auch sensible Aspekte anzugehen. In die so entstandene Zusammenarbeit werden Industriepartner investieren. Das kann von Beratungsaufträgen bis hin zur Finanzierung von Doktoranden und Postdocs reichen. Andererseits liefern die komplexen Industrieprobleme typischerweise neue mathematische Herausforderungen, die wiederum zur Grundlagenforschung beitragen können.

Mich begeistert persönlich an diesen Workshops die Erfahrung, mit Kollegen unter Druck und mit vollem Einsatz an einem Problem zu arbeiten um es zu verstehen und vielleicht sogar zu lösen und dies ist vom ersten bis zum letzten Tag extrem spannend.



DER ONLINE MATHEMATIK BRÜCKENKURS „HÄNGEMATHE“ – EINE CHANCE

VON JOHAN THORBIÖRNSON, RUEDI SEILER, MAREK GRUDZINSKI

Mathematik, das Nadelöhr im ersten MINT-Studienjahr. Studierwillige in genügender Zahl für technisch-wissenschaftliche Studiengänge zu gewinnen, ist für eine innovative Wirtschaft und Gesellschaft entscheidend. Dabei spielt die Mathematikausbildung eine besondere Rolle: Sie ist das Nadelöhr in den universitären MINT-Studiengängen an dem zu viele junge Menschen scheitern. Will man die Zahl junger Leute mit einer Hochschulausbildung erhöhen, muss man hier ansetzen. Nur so gibt es eine Chance - ohne das Ausbildungsniveau zu senken - die Zahl der Hochschulabgänger wesentlich zu erhöhen.

Verursacht werden die hohen Abbruchquoten maßgeblich durch

- die lückenhafte mathematische Vorbildung
- die mangelnde Sicherheit im Umgang mit dem Stoff aus der 1. und 2. Sekundarstufe
- die unklare Definitionen der für MINT-Studiengänge erforderlichen Mathematik-Kompetenz

Diese Ursachen sind zum Teil eine Folge der länderspezifischen Curricula und der Situation an Schulen. Ein weitere wichtige Ursache für manchen Misserfolg im ersten Studienjahr sind Probleme mit dem persönlichen Zeitmanagement. Der gestiegene Zeitdruck in den neuen Bachelor- und Master-Studiengängen und die Verkürzung der Gymnasialausbildung trägt weiter dazu bei. Viele deutsche Hochschulen reagieren auf diese Probleme mit 2 oder 3-wöchigen Brücken- oder Vorkursen vor dem eigentlichen Vorlesungsbeginn - allerdings meist nur im Herbst. Schwierigkeiten beim Übergang von der Schule in die Hochschule gibt es in vielen Ländern Europas. In Schweden wurde deshalb schon vor Jahren ein nationaler Online Mathematik Brückenkurs „Sommarmatte“¹ eingerichtet - mit grossem Erfolg. Eine deutsche Fassung davon wird seit 2 Jahren von der TU Berlin², der RWTH Aachen,

1 <http://www.sommarmatte.se/>

2 <http://www3.math.tu-berlin.de/OMB>

der TU Braunschweig und der TU Kaiserslautern angehenden Studentinnen und Studenten zur Vorbereitung auf das Studium kostenlos angeboten. Darüber soll in dieser kurzen Note berichtet werden mit dem Ziel, diesen Kurs deutschlandweit einzusetzen.

Anforderungen an einen Online Mathematik Brückenkurses

Von einem Online Mathematik Brückenkurs erwarten wir, dass er

- für alle MINT-Studienanfänger geeignet und attraktiv ist
- eine individuell angepasste Studienvorbereitung ermöglicht
- einen Universitäts-Eingangsstandard in Mathematik setzt (Benchmark) aber dennoch an die länderspezifischen Unterschiede im Curriculum angepasst werden kann
- grosse Teilnehmerzahlen zulässt und gut skaliert (d.h. der personelle und technische Aufwand wächst langsam mit der Anzahl der Teilnehmer)
- jederzeit begonnen werden kann und jederzeit zur Verfügung steht
- fachlich und didaktisch höchsten Qualitätsstandards genügt
- den Erwartungen an eine moderne Web-basierte Anwendung genügt
- von allen beteiligten Hochschulen aus erreichbar ist mit einer Einstiegseite, die auf die jeweilige Hochschule abgestimmt ist

Der schwedische Brückenkurs „Sommermatte“

Der schwedische Brückenkurs „Sommermatte“ wurde als Pilotprojekt im Jahre 1997 gestartet. Seit ungefähr zehn Jahren ist der Kurs voll etabliert und wird jährlich von ca. 10.000 Schulabgängern genutzt. Das ganze Jahr über steht er Lehrern zur Verwendung in ihren Klassen zur Verfügung.

Das didaktische Modell des schwedischen Kurses sieht in groben Zügen so aus. Lernende können sich jederzeit in den Kurs einschreiben und die Bearbeitungsgeschwindigkeit selbst wählen. Die Bearbeitungszeit beträgt normalerweise vier bis sechs Wochen. Neben einem Online-Skript mit vielen Übungsbeispielen und Selbsteinschätzungstests, gibt es individualisierte Prüfungsaufgaben und ein Mathematik Call-Center mit eigens ausgebildeten Mentoren. Das Modell aktiviert eigenständiges Arbeiten und fördert kooperatives Lernen. Die jährlich durchgeführten Untersuchungen ergaben, dass die Studienleistungen derjenigen, die mindestens den ersten Teil des Brückenkurses geschafft haben, denen mit einer guten oder sehr guten Mathematik-Note im Abitur entsprechen.

Der deutsche Online Mathematik Brückenkurs „Hängemathe“

Der deutsche Brückenkurs „Hängemathe“ folgt inhaltlich und didaktisch dem schwedischen Modell. Der Stoff ist mit zwei Hauptteilen und zwei Zusatzmodulen etwas anders aufgeteilt um den deutschen Verhältnissen besser gerecht zu werden. Die beiden Hauptteile enthalten den Stoff, der in allen Bundesländern zum Standard gehört. In den Zusatzmodulen geht es um Inhalte, die nicht überall

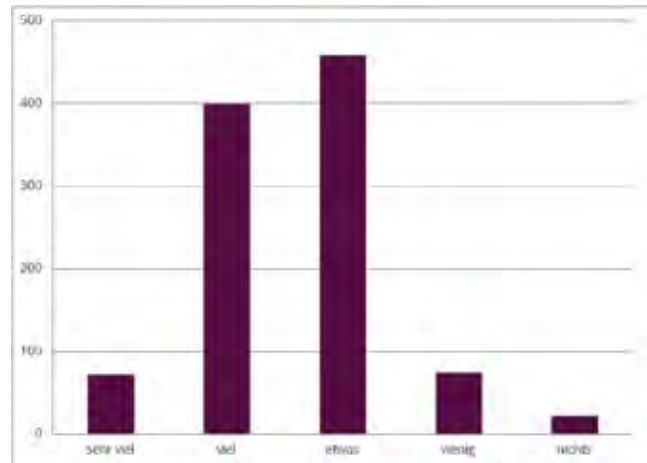


Abbildung 1: Ich habe durch meine Arbeit im OMB ... über Mathematik gelernt.

Schulstoff sind. So kann jede Hochschule flexibel auf die lokale Situation reagieren ohne dass die Idee des „Benchmarking“ verloren geht.

Jeder Abschnitt enthält einen in sich geschlossenen Text mit vielen Übungsaufgaben. Dazu gibt es inkrementell aufklappbare Hinweise bis hin zur vollständigen Lösung. Pro Abschnitt gibt es einen diagnostischen Test und eine Schlussprüfung. Fragen dazu beantworten sich die Kurs-Teilnehmer zum grossen Teil gegenseitig selbst in den jedem Inhaltsabschnitt zugeordneten Forum. Wenn dies mal nicht genügt, stehen an 360 Tagen im Jahr über 10 Stunden pro Tag speziell geschulte Tutoren den Lernenden zur Verfügung. Die Erfahrung hier und in Schweden zeigt, dass auch bei einer sehr grossen Teilnehmerzahl von einigen Tausend eine Person zu einer festen Zeit genügt.

Am Ende der Hauptteile gibt es zuerst eine schriftliche Einzel- und danach eine schriftliche Gruppenaufgabe. Um den Korrekturaufwand der Tutoren gering zu halten und gleichzeitig das kooperative Arbeiten zu üben wird die Einzelaufgabe nur auf formale Richtigkeit geprüft. Danach werden die Einsender der schriftlichen Einzelarbeit in Gruppen zusammengefasst und aufgefordert in einer gemeinsamen Lern-Umgebung die von ihnen bereits einzeln bearbeiteten Aufgaben gemeinsam zu überarbeiten und als schriftliche Gruppenarbeit einzureichen. In der gemeinsamen Umgebung ist erkennbar wer, was und wie viel beigetragen hat. Die Bearbeitung der Aufgabe durch die Gruppenmitglieder ist damit für alle beteiligten transparent.

Resultate und Ausblick

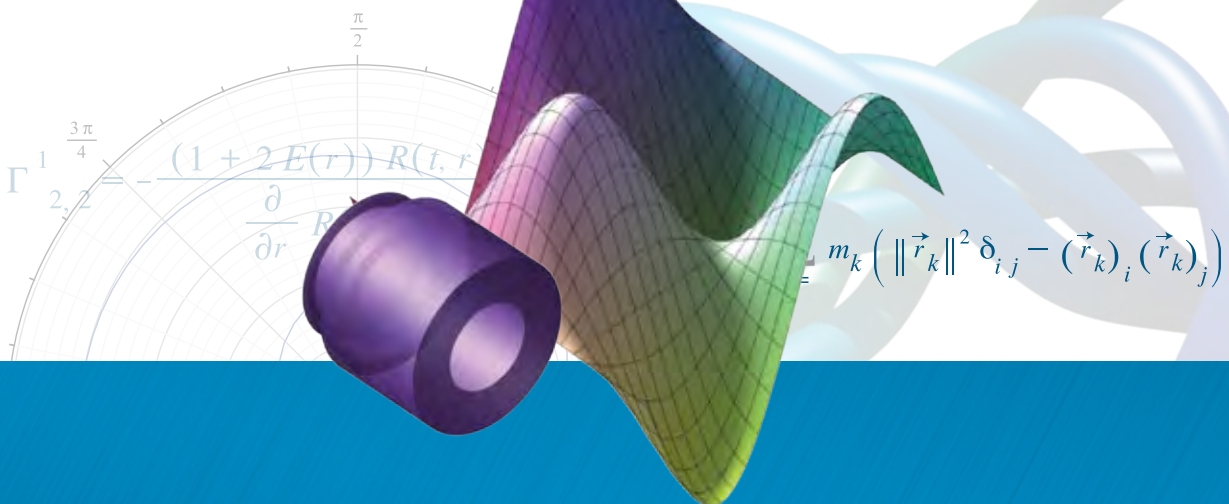
Von Anfang Okt. 2010 bis Ende Sept. 2011 haben sich ca. 8000 Personen in den Kurs eingeschrieben, 4300 haben damit aktiv gearbeitet und über 90% behaupten, in einer durchgeführten Umfrage, sie hätten aus diesem Kurs etwas gelernt (siehe Abbildung 1). Insgesamt sind die Lernerfolge auch in Deutschland sehr ermutigend. Es wäre zu wünschen, dass der Kurs zu einem deutschlandweiten Mathematik Brückenkurs ausgebaut wird, denn er ist inhaltlich von hoher Qualität und sowohl didaktisch wie auch organisatorisch gut durchdacht.

Maple™ 16

Das unerlässliche Werkzeug für Mathematik und Modellierung

Warum Maple 16?

1. **Clickable Math™ 3.0!** Smart Popups und Drag-to-Solve™ nun zusätzlich zu Assistenten, Tutoren, kontextsensitiven Menüs und anderen Clickable Math Werkzeugen für die nächste Phase der Benutzerfreundlichkeit von Mathematiksoftware
2. **Über 4500 Erweiterungen und Verbesserungen** im gesamten Produkt
3. **Bedeutende Verbesserungen bei der Visualisierung**, einschließlich einer intelligenten Kurvendarstellung, die automatisch die interessanten Punkte berücksichtigt, Gummiband-Zoom, verbesserte Standardvorgaben für die 2D- und 3D-Darstellung von Kurven sowie die 3D-Interpolation
4. **Deutlich schnellere Ausführung** bei vielen Grundoperationen von Maple sowie bei Berechnungen mit mehreren Kernen und Multi-Threading, um noch umfangreichere Probleme bewältigen zu können
5. **Weltweit führende Algorithmen** zur Lösung von gewöhnlichen und partiellen Differentialgleichungen sowie für Berechnungen aus dem Bereich der theoretischen Physik, die über die Möglichkeiten vergleichbarer Softwaresysteme hinausgehen
6. **Über 100 neue Math Apps** zur Erklärung von Konzepten in den Bereichen Mathematik, Statistik, Physik und Finanzen
7. **Snippet Palettes** zur einfachen Wiederverwendung von Teilen aus einem Maple-Dokument
8. **Live Data Plots** zur Vertiefung, zum Verständnis und zur Veröffentlichung, alles mit einem einfachen Mausklick
9. **Neue statistische Algorithmen und Visualisierungen** zur vertieften Untersuchung und Analyse
10. **Bedeutende Verbesserungen bei der Maple-Programmiersprache** als weitere Hilfe bei der Erstellung von Bibliotheken und kundenspezifischem Code



Kostenlose Evaluation von Maple 16 unter
www.maplesoft.com/rundbrief