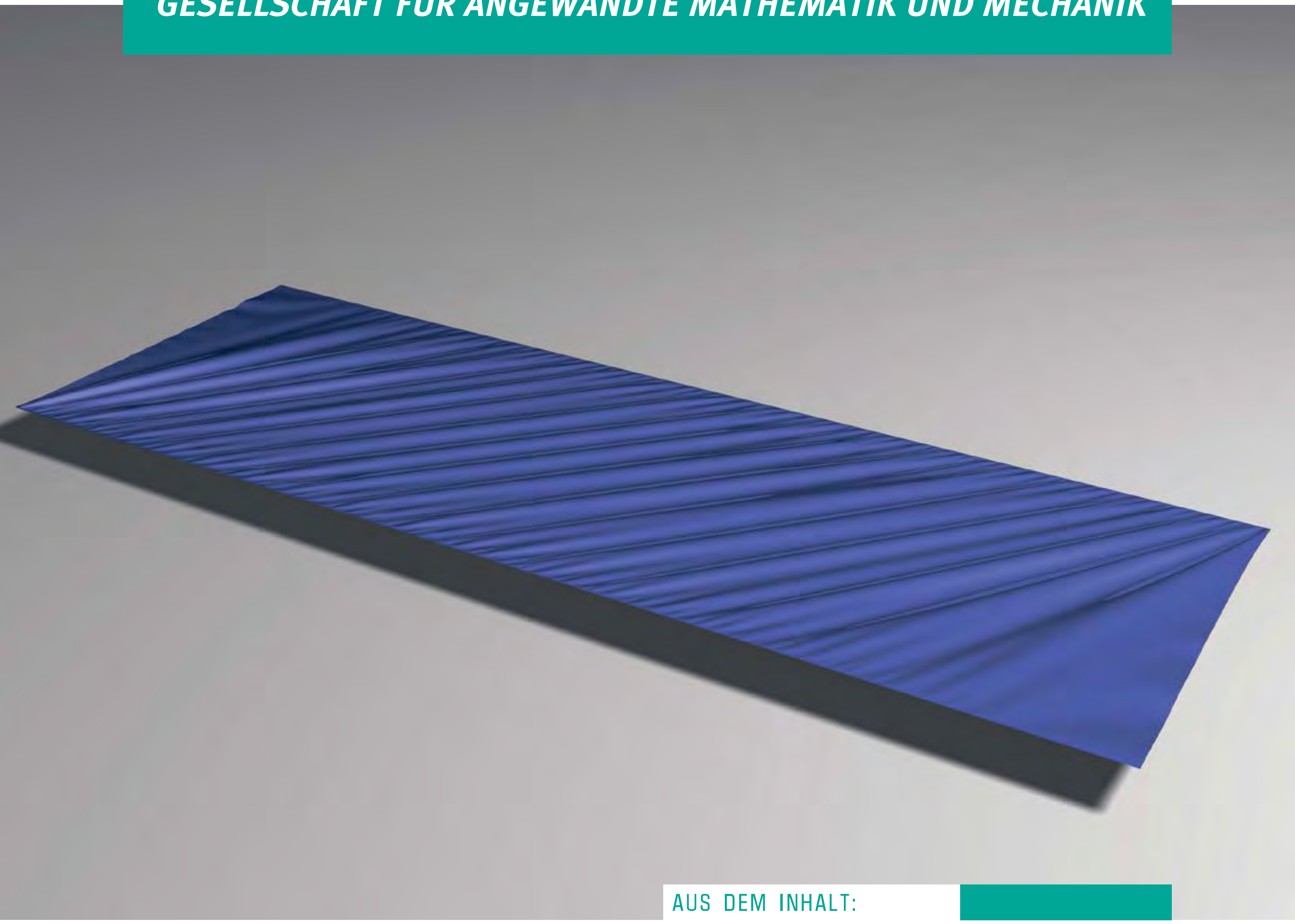
RUNDBRIEF

GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE MATHEMATIK UND MECHANIK



AUS DEM INHALT:

INTERPOLATION UND SIMULATION MIT NICHTLINEAREN DATEN
VON OLIVER SANDER

DIE ZERLEGUNG VON PROBLEMEN: EINE UNENDLICHE GESCHICHTE
VON DANIEL J. RIXEN

JAHRESBERICHTE DER GAMM-FACHAUSSCHÜSSE

JUNGE WISSENSCHAFTLER:
BENJAMIN KLUSEMANN UND ANDREA BARTH

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

1/2015

www.gamm-ev.de

IMPRESSUM

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

ISSN 2196-3789

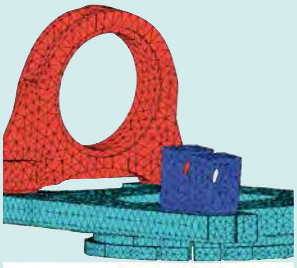
INHALT

4 **Vorstand der GAMM**

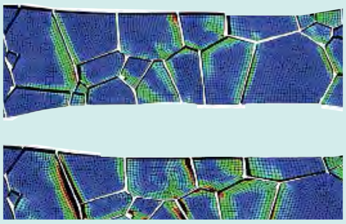
Ehrenmitglieder der GAMM

6 **Interpolation und Simulation mit nichtlinearen Daten**
von Oliver Sander

14 **Die Zerlegung von Problemen: Eine unendliche Geschichte**
von Daniel J. Rixen

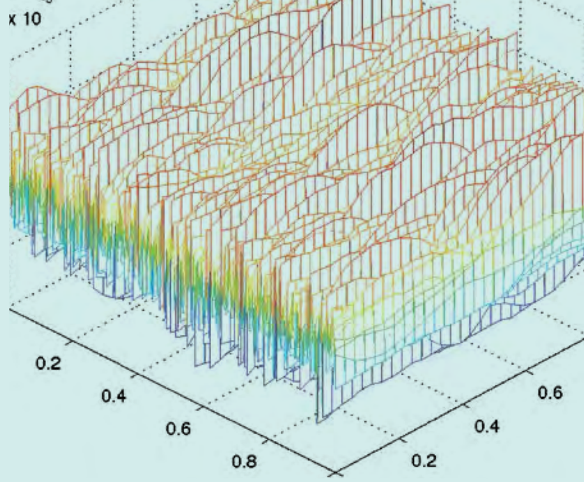


19 **Ausschreibung des Richard-von-Mises-Preises der GAMM 2016**



20 Steckbrief
Benjamin Klusemann

22 Steckbrief
Andrea Barth



Berichte aus den Fachausschüssen:

25 **Analysis partieller Differentialgleichungen**

25 **Optimierung mit partiellen Differentialgleichungen**

26 **Numerische Methoden für partielle Differentialgleichungen**

27 **Dynamik und Regelungstheorie**

28 **Analysis von Mikrostrukturen**

29 **Stochastische Optimierung in der Technik**

30 **Mathematische Signal- und Bildverarbeitung (MSIP)**

31 **Phasenmodellierung**

32 **Computational Science and Engeneering (CSE)**

32 **Angewandte und Numerische Lineare Algebra (ANLA)**

33 **Angewandte Operatortheorie**

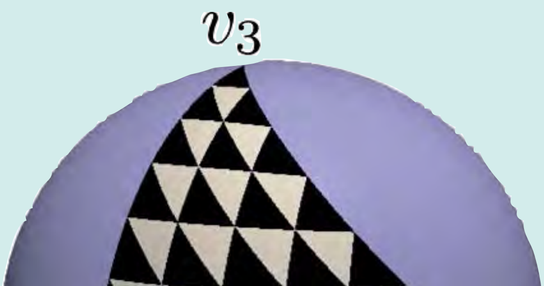
33 **Mehrskalenmodelle**

34 **GAMM Juniors 2012-2014**

34 **GAMM Juniors SAMM 2015**

35 **GAMM Juniors Bericht SAMM 2014**

36 **Wissenschaftliche Veranstaltungen**



LIEBE LESERIN, LIEBER LESER, LIEBE GAMM-MITGLIEDER,

die numerische Simulation der Faltenbildung durch Scherung einer dünnen, rechteckigen Plastikfolie, die auch auf der Titelseite dargestellt ist, stellt eine der Anwendungen des Fachartikels „Interpolation und Simulation mit nichtlinearen Daten“ von Oliver Sander dar. Mathematisch wird in diesem Artikel die Interpolation von Daten in nichtlinearen Räumen und des Weiteren die Lösung partieller Differentialgleichungen für Funktionen mit Werten in einem nichtlinearen Raum M betrachtet. Als Beispiele behandelt Herr Sander Flüssigkristalle als Felder mit Werten in M und geometrisch nichtlineare Cosserat-Schalenmodelle. Im zweiten Fachartikel „Die Zerlegung von Problemen: Eine unendliche Geschichte“ diskutiert Daniel Rixen Gebietszerlegungsansätze zur Modellordnungsreduktion für strukturdynamische Probleme. Bei diesen Ansätzen wird das Gebiet in Substrukturen zerlegt, jede für sich reduziert, bevor sie wieder zum Gesamtsystem zusammengesetzt werden. Vorteilhaft ist dabei, dass zum Einen die Analyse einer einzelnen Substruktur oft wesentlicher einfacher oder rechnerisch günstiger durchgeführt werden kann als die Analyse der Gesamtstruktur, zum Anderen lässt sich so das wesentliche dynamische Verhalten einer Substruktur abbilden, ohne Strukturdetails dieser Komponente preiszugeben. Letzteres kann in der industriellen Praxis von besonderem Interesse sein.

In unseren Nachwuchswissenschaftlerporträts stellen sich dieses Mal Herr Dr.-Ing. Benjamin Klusemann von der TU Hamburg-Harburg und Frau Juniorprofessorin Dr. Andrea Barth von der Universität Stuttgart vor.

In der Frühjahrsausgabe des Rundbriefes berichten traditionell auch die GAMM-Fachausschüsse über ihre Aktivitäten des vergangenen Jahres.

Besonders hinweisen möchten wir auch wieder auf die Ausschreibung des Richard-von-Mises-Preises, vgl. S. 19.

Als Herausgeber des Rundbriefes bedanken wir uns herzlich bei den Kollegen Oliver Sander und Daniel Rixen für die beiden Fachartikel, bei Frau Juniorprofessorin Andrea Barth und Herrn Dr.-Ing. Benjamin Klusemann für die Nachwuchswissenschaftlerporträts und bei den Fachausschussvorsitzenden für Ihre Berichte. Für weitere Anregungen zur Gestaltung des GAMM-Rundbriefes und die Einsendung von Beiträgen schicken Sie bitte eine Email an j.schroeder@uni-due.de (Mechanik) oder axel.klawonn@uni-koeln.de (Mathematik).

Bei der Lektüre der vorliegenden Ausgabe des Rundbriefes wünschen wir Ihnen viel Freude.

Köln und Essen im Dezember 2014

Axel Klawonn und Jörg Schröder

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

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

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

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

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

Weitere Mitglieder des Vorstandsrates

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

Prof. Günter Brenn
Technische Universität Graz
Institut für Strömungsdynamik und Wärmeübertragung
Inffeldgasse 25/F, A-8010 Graz

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

Prof. Peter Eberhard
Universität Stuttgart, Institut für Technische und Numerische Mechanik, Pfaffenwaldring 95, 70569 Stuttgart

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

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

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

Prof. Gitta Kutyniok
Technische Universität Berlin
Institut für Mathematik,
Straße des 17. Juni 136, 10623 Berlin

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

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

Prof. Udo Nackenhorst
Leibniz Universität Hannover
Institut für Baumechanik und Numerische Mechanik
Appelstraße 9a, 30167 Hannover

Prof. Christian Wieners
Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Fakultät für Mathematik, Institut für Angewandte und Numerische Mathematik, Arbeitsgruppe 3: Wissenschaftliches Rechnen, Kaiserstr. 89-93, 76133 Karlsruhe

Beratende Mitglieder des Vorstandsrates

Prof. em. Dr. Götz Alefeld
Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Angewandte und Numerische Mathematik , 76128 Karlsruhe

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

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

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

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

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

Kassenprüfer

Prof. Margareta Heilmann
Bergische Universität Wuppertal
Fachbereich 7 - Mathematik

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

EHRENMITGLIEDER DER GAMM

Ehrenvorsitzender

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

Ehrenmitglieder

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

Prof. Dr. Aurel Stodola
† 25. Dezember 1942

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

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

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

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

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

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

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

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

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Zierep (1999)

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

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

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

PERSONALIA

Todesfälle, wir gedenken:

Prof. Dr. Bruno Brosowski, Niederhausen
Prof. Dr. Walter Krämer, Wuppertal
Prof. Dr. Dimitrie Stancu, Cluj-Napoca
Prof. Dr.-Ing. Wlodzimierz Prosnak, Sopot
Prof. Dr. Heinz Zemanek, Wien

INTERPOLATION UND SIMULATION MIT NICHTLINEAREN DATEN

VON OLIVER SANDER

Die meisten Daten und Werte, mit denen wir es in naturwissenschaftlichen Anwendungen zu tun haben, sind Elemente von linearen Räumen. Wir sind so daran gewöhnt, Positionen, Temperaturen, Drücke, Dichten, Geschwindigkeiten, etc. addieren zu können, dass wir kaum darüber nachdenken. Ein Großteil unserer numerischen Verfahren zur Handhabung solcher Daten basiert auf dieser Linearitätsannahme.

Es gibt aber auch Daten und Größen, die diese lineare Struktur nicht haben. Ein Beispiel sind die Richtungen in $\mathbb{R}^3$, die zusammen die Einheitssphäre S^2 bilden. Diese treten, zusammen mit der projektiven Ebene $\mathbb{RP}^2$, bei der Beschreibung von Flüssigkristallen auf. Ein weiteres Beispiel sind die Rotationen in $\mathbb{R}^3$, die zusammen die spezielle orthogonale Gruppe SO(3) bilden. Diese werden bei der Beschreibung von Bewegungen von Starrkörpermodellen [9, 17, 23], aber auch bei nichtlinearen Schalenmodellen [14] und allgemeiner bei nichtklassischen Kontinuumsmodellen verwendet.

Weitere Beispiele sind nicht ganz so offensichtlich, aber dafür nicht weniger wichtig. Bildgebende Apparate zur Bestimmung der Diffusivität von Materialproben, so genanntes Diffusions-Tensor MRI, liefern dreidimensionale Felder von symmetrischen, positiv definiten 3 x 3 Matrizen [5]. Die Menge P_{sym} dieser Matrizen bildet eine Riemannsche Mannigfaltigkeit, aber keinen linearen Raum. Sie taucht weiterhin in der nichtlinearen Kontinuumsmechanik auf: Der Cauchy–Green Verzerrungstensor ist ebenfalls immer symmetrisch und positiv definit. Die plastische Verzerrung andererseits ist immer volumenerhaltend, also Element der nichtlinearen Lie-Gruppe SL(3). Das Ausnützen solcher geometrischer Strukturen führt zu einem tieferen Verständnis der mechanischen Probleme [15].

In der Teilchenphysik betrachtet man sogenannte Sigma-Modelle, das sind partielle Differentialgleichungen für Funktionen mit Werten in SO(3) oder der speziellen unitären Gruppe SU(k) [12]. Daten mit Werten in der Grassmann-Mannigfaltigkeit $G(k,n)$ erscheinen z. B. beim Array Signal Processing [17].

In diesem Artikel wollen wir einige numerische Ansätze zur Handhabung solcher Daten vorstellen. Wir konzentrieren uns auf zwei wichtige Teilbereiche: Zum einen die Interpolation von nichtlinearen Punktdaten. Darauf aufbauend verallgemeinern wir den Finite-Elemente-Begriff auf Funktionen mit Bild in einem nichtlinearen Raum.

1 Interpolation

Wir betrachten zunächst den Fall dass Werte aus einem nichtlinearen Raum M an diskreten Punkten im Raum oder in der Zeit gegeben sind. Ziel soll es sein, zwischen den Punktwerten sinnvoll zu interpolieren, wobei die interpolierten Werte wieder in M liegen sollen.

Wir stellen drei Ansätze vor. Eine gemeinsame Eigenschaft aller vorgestellter Verfahren ist, dass Interpolation immer nur lokal möglich ist. Das heißt, dass zwischen Werten nur dann interpoliert werden kann, wenn sie nicht zu weit voneinander entfernt sind. Die genaue Definition von „nicht zu weit" ist dabei von Verfahren zu Verfahren unterschiedlich.

1.1 Interpolation durch Einbettung

Der naheliegendste Ansatz zur Interpolation von Daten auf einer Mannigfaltigkeit nutzt die Einbettung in einen linearen Raum. Tatsächlich hat ja jede k-dimensionale Mannigfaltigkeit M nach dem Satz von Whitney eine glatte Einbettung in den $\mathbb{R}^{2k}$. Sind die Daten mittels dieser Einbettung als Elemente des $\mathbb{R}^{2k}$ dargestellt, so können sie ganz normal mit Lagrange-Interpolation oder Splines interpoliert werden. Die interpolierende Funktion wird im Allgemeinen nicht überall Werte auf M annehmen. Deshalb wird sie punktweise auf M zurückprojiziert (Abbildung 1).

Die Bewertung dieser Methode hängt stark davon ab, welchen Bildraum man konkret betrachtet. Im wichtigen Fall der Sphären S^k ist die Interpolation durch Einbettung einfach und effizient umzusetzen, und deshalb in vielen Fällen die Methode der Wahl. Abschätzungen für den Interpolationsfehler wurden in [7] gezeigt.

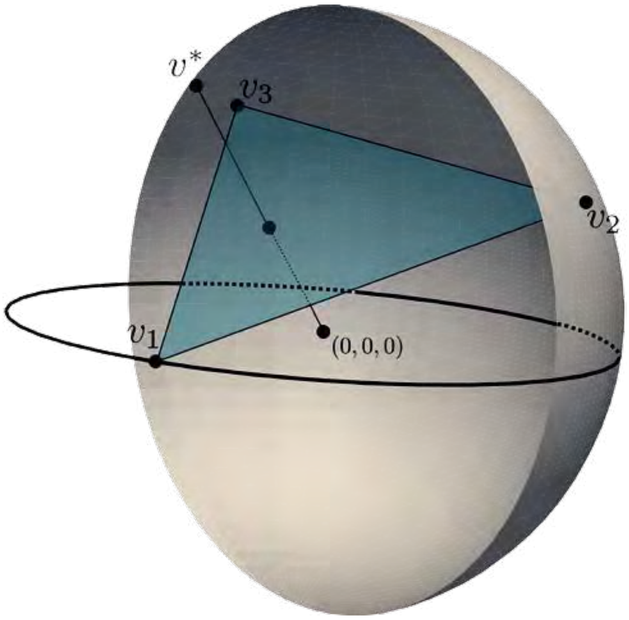


Abbildung 1: Interpolation erster Ordnung zwischen drei Werten v_1,v_2,v_3 auf der Einheitssphäre S^2 durch Einbettung. Der interpolierte Wert ist v^*.

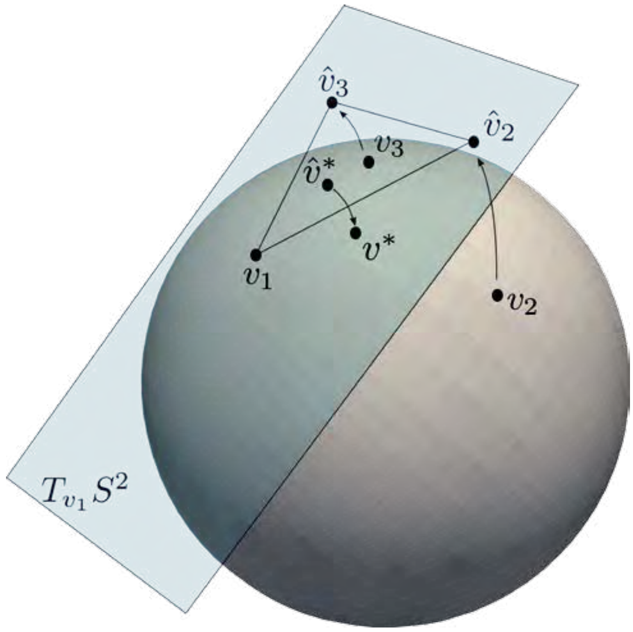


Abbildung 2: Interpolation erster Ordnung auf einem Tangentialraum

Ästheten mögen bemängeln, dass die Zuhilfenahme einer Einbettung uneindeutig und wenig elegant ist. Für manche Räume M entstehen aber auch ganz praktische Probleme. So ist zum Beispiel die kanonische Projektion von $\mathbb{R}^{3\times3}$ auf SO(3) durch die Polarzerlegung gegeben [16]. Diese lässt sich zwar in geschlossener Form angeben [10], ist aber schon deutlich aufwändiger auszuwerten als die Projektion auf die Einheitssphäre. Noch schlimmer kommt es im Fall der symmetrischen, positiv definiten Matrizen P_{sym}. Zwar ist hier die Einbettung trivial. Als Teilmenge des $\mathbb{R}^{k\times k}$ ist die Menge P_{sym} aber nicht abgeschlossen, und deshalb kann eine Projektion im klassischen Sinne gar nicht definiert werden. Da P_{sym} konvex ist wird für die Interpolation erster Ordnung zwar gar keine Projektion gebraucht, aber die Ergebnisse sind dennoch nicht zufriedenstellend [3].

1.2 Interpolation auf einem Tangentialraum

Der nächste Ansatz kommt ohne Einbettung und Projektion aus. Alle bisher erwähnten Räume hatten die Struktur einer Mannigfaltigkeit. Als solche tragen sie in jedem Punkt x einen Tangentialraum T_xM. Zum Interpolieren wählen wir jetzt einen solchen Tangentialraum, und identifizieren jeden der zu interpolierenden Werte $v_i, i=1,\dots,m$ mit einem Punkt $\hat{v}_i$ in T_xM (z. B. mittels der Exponentialabbildung). Da der Tangentialraum ein linearer Raum ist, kann zwischen den Werten $\hat{v}_i, i=1,\dots, m$ ganz normal interpoliert werden. Das Ergebnis wird dann wieder auf M zurückabgebildet (Abbildung 2). Als Tangentialraum kann man z. B. den $T_{v_1}M$ wählen. Hat M zusätzlich eine Gruppenstruktur (z. B. SO(3)) wird häufig der Tangentialraum am Eins-Element der Gruppe (die Lie-Algebra) gewählt.

Interpolation auf einem Tangentialraum lässt sich gut anwenden, wenn eine effiziente Formel für die Exponentialabbildung (oder eine ähnliche Abbildung) verfügbar ist. Für wichtige Räume wie S^k und SO(3) ist dies tatsächlich der Fall. Der Algorithmus kommt dann ohne Einbettung von M aus. Allerdings tauchen in der Praxis diverse Probleme auf. So existiert z. B. für Mannigfaltigkeiten wie S^k und SO(k) keine stetige Abbildung von *ganz* M auf einen seiner Tangentialräume. Man muss sich bei der Interpolation deshalb auf Werte in der Nähe des Fußpunkts des Tangentialraums beschränken. Das verbietet z. B. große Rotationen im Fall von geometrisch exakten Cosserat-Materialien. Um solche großen Rotationen dennoch behandeln zu können verwendet z. B. [13] eine adaptive Wahl des Fußpunkts x.

Gleichzeitig hängt die interpolierende Funktion von der Wahl von x ab. Dies sieht man in Abbildung 4, mitte. Hier wird gerade auf dem Tangentialraum an v_1 interpoliert. Deshalb sind v_1 und v_2, sowie v_1 und v_3 durch geodätische Kurven verbunden. Die Verbindung zwischen v_2 und v_3 ist jedoch nicht geodätisch.

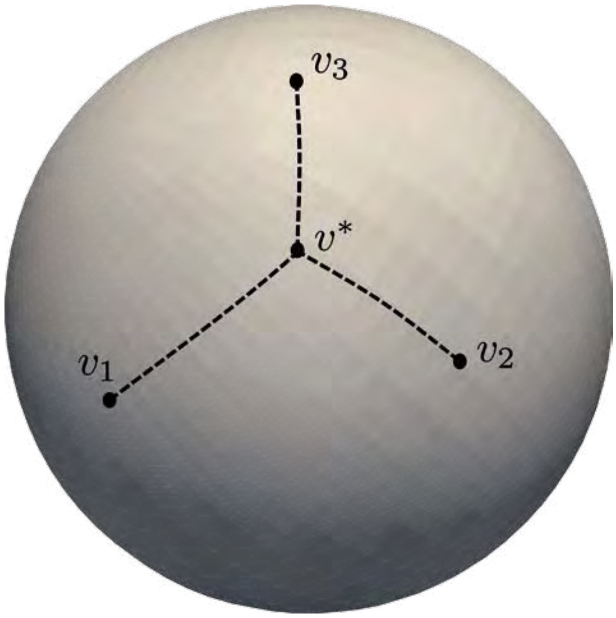


Abbildung 3: Interpolation mit dem Riemannschen Schwerpunkt: Der interpolierende Punkt v^* minimiert den gewichteten quadratischen Abstand zu den Punkten v_1, v_2, v_3.

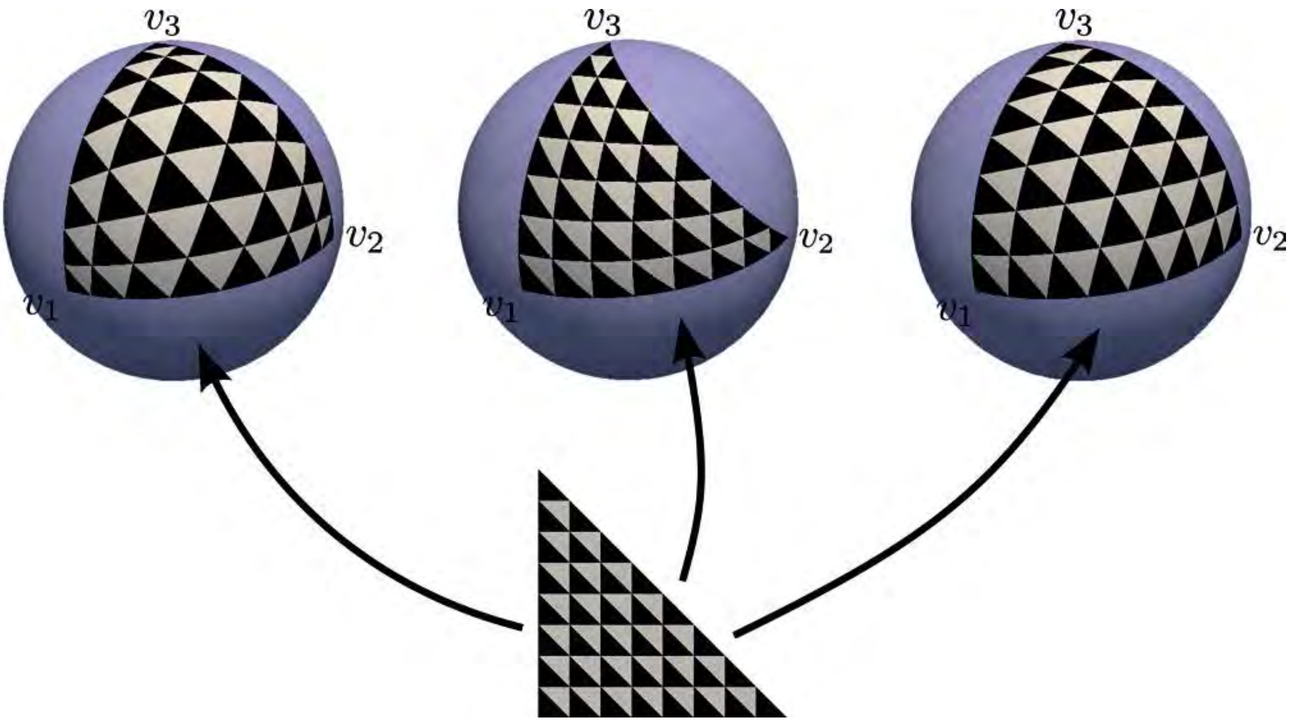


Abbildung 4: Vergleich der Qualität der drei beschriebenen Interpolationsregeln für drei an den Ecken eines Dreiecks gegebene Werte $v_1 = (1, 0, 0)$; $v_2 = (0, 1, 0)$; $v_3 = (0, 0, 1) \in S^2$. Links: Interpolation durch Einbettung, Mitte: Interpolation auf einem Tangentialraum (hier: $T_{(1,0,0)}S^2$), Rechts: Interpolation über den Riemannschen Schwerpunkt.

1.3 Interpolation mit dem Riemannschen Schwerpunkt

Die letzte hier vorgestellte Methode verbindet die Symmetrie der projektionsbasierten Interpolation mit dem Verzicht auf einen einbettenden Raum. Dieser Ansatz wird in letzter Zeit zunehmend als der „richtige“ akzeptiert, da er bei einer sehr eleganten Definition viele positive Eigenschaften hat. Der Preis ist eine in vielen Fällen etwas teurere Auswertung, so dass im Einzelfall immer abgewogen werden muss, welche Interpolationsmethode die geeignetste ist.

Zur Motivation betrachten wir kurz noch einmal die Lagrange-Interpolation von skalaren Größen. Sei $\{\lambda_i\}_{i=1}^m$ eine Lagrange-Basis von Funktionen auf einem Gebiet T, so ist der interpolierte Wert an einer Stelle $\xi \in T$ gegeben durch $\sum_{i=1}^m \lambda_i(\xi)v_i$. Zur Verallgemeinerung nutzen wir jetzt eine alternative Formulierung. Bekanntlich ist der interpolierende Wert auch Minimierer des Funktionals

$$q \mapsto \sum_{i=1}^{m} \lambda_i(\xi)|v_i - q|^2.$$

Hier ersetzen wir jetzt den Euklidischen Abstand $|v_i - q|$ durch den entsprechenden Riemannschen Abstand dist(v_i, q) auf M. Der interpolierte Wert an einer Stelle $\xi \in T$ zwischen Werten $v_1,\dots,v_m$ ist also definiert als der Minimierer von

$$q \mapsto \sum_{i=1}^{m} \lambda_i(\xi)\,\mathrm{dist}(v_i, q)^2 \qquad (1)$$

(Abbildung 3). Die Wohlgestelltheit dieses Minimierungsproblems wurde zuerst von Karcher untersucht [11], weshalb die Konstruktion manchmal auch Karcher-Mittel genannt wird.

Die Interpolation mit dem Riemannschen Schwerpunkt scheint am natürlichsten, da sie nur die intrinsische Geometrie des Bildraums M benutzt. Weiterhin ist sie symmetrischer als die Interpolation auf einem Tangentialraum, da kein einzelner Punkt x von M als besonders ausgezeichnet wird. Aus Abbildung 4, die die drei Interpolationsmethoden vergleicht, geht klar hervor, dass die Interpolation mit dem Riemannschen Schwerpunkt die gleichmäßigsten Resultate produziert.

Da das Minimierungsproblem (1) im Allgemeinen nur iterativ gelöst werden kann, ist diese Methode relativ teuer. Ausnahmen bilden die Räume mit Krümmung Null, in denen sich das Minimum direkt ausrechnen lässt [3, 19].

2 Nichtlineare Finite Elemente

Anspruchsvoller als die reine Interpolation von nichtlinearen Daten ist das Lösen von partiellen Differentialgleichungen für Funktionen mit Werten in einem nichtlinearen Raum M. Solche Gleichungen beschreiben z. B. Flüssigkristalle als Felder mit Werten in M, wobei je nach Molekül der Raum S^2, $\mathbb{RP}^2$ oder SO(3) ist. Aus der nichtlinearen Mechanik kennt man gerichtete Materialien, deren Konfiguration Funktionen mit Bild in $\mathbb{R}^3 \times S^2$ oder $\mathbb{R}^3 \times$ SO(3) sind [14, 22]. In der Quantenfeldtheorie werden Minimierer der harmonischen Energie mit Bild in diversen nichtlinearen Räumen betrachtet [12].

Die numerische Behandlung solcher Gleichungen lässt sich mit Standardmethoden nicht bewerkstelligen. Naiverweise möchte man eine Finite-Elemente-Approximation verwenden; die FE-Methode benutzt aber maßgeblich die lineare Struktur des Ansatzraums, und damit die des Bildraums. In der Tat beinhalten ja Finite Elemente erster Ordnung schon lineare Interpolation zwischen Knotenwerten. Solch eine lineare Interpolation ist aber nur für Vektorräume definiert.

In den letzten Jahren sind allerdings diverse Verallgemeinerungen der FE-Methode für Funktionen mit nichtlinearem Bildraum vorgeschlagen worden [4, 6, 13, 18, 20, 22]. Einige (aber nicht alle) laufen darauf hinaus, dass ein nichtlinearer FE-Raum als Raum von stetigen Funktionen definiert wird, die auf jedem Element des Gitters durch eine Interpolationsvorschrift aus dem vorigen Abschnitt gegeben sind. Am explizitesten ist diese Konstruktion für die dritte Interpolationsmethode vom Autor in [18, 20] unter dem Namen *Geodätische Finite Elemente* durchgeführt worden. Dort wird auch der resultierende Ansatzraum systematisch untersucht. Es zeigen sich diverse gute Eigenschaften. So sind die nichtlinearen Finite-Elemente-Funktionen gleichzeitig H^1-Sobolev-Funktionen. Eine auf H^1 definierte Energie kann also auch direkt auf einer FE-Funktion ausgewertet werden. Diskrete Tangentenmatrizen entstehen auf kanonische Weise aus den Tangentenoperatoren des kontinuierlichen Problems. Auf jedem einzelnen Element sind die FE-Funktionen unendlich oft differenzierbar, und Werte an einzelnen Punkten hängen auf glatte Weise von den Werten an den Lagrange-Knoten ab [18, 20].

Zum numerischen Lösen des diskretisierten Problems identifiziert man dann die FE-Funktionen mit ihren Werten an den Lagrange-Punkten. Anders als in der klassischen FE-Theorie ist diese Zuordnung aber im Allgemeinen nicht eins-zu-eins. Zwar existiert zu jeder nichtlinearen FE-Funktion genau ein Satz von Koeffizienten. Durch die nur lokal gegebene Interpolation auf den Elementen existiert aber zu einem gegebenen Koeffizientensatz eventuell keine interpolierende Funktion, möglicherweise aber auch mehr als eine. Allerdings kann man leicht zeigen, dass dieses Problem verschwindet (Lösungen ohne Singularitäten vorausgesetzt), wenn man das Gitter fein genug wählt. Die Nichteindeutigkeit ist deshalb in der Praxis kaum von Belang.

Die algebraische Form des Problems ist eine Gleichung im Produktraum M^n, wobei n die Anzahl der Lagrange-Punkte im Gitter ist. Für solche Probleme existieren schnelle Lösungsverfahren, siehe z. B. [1].

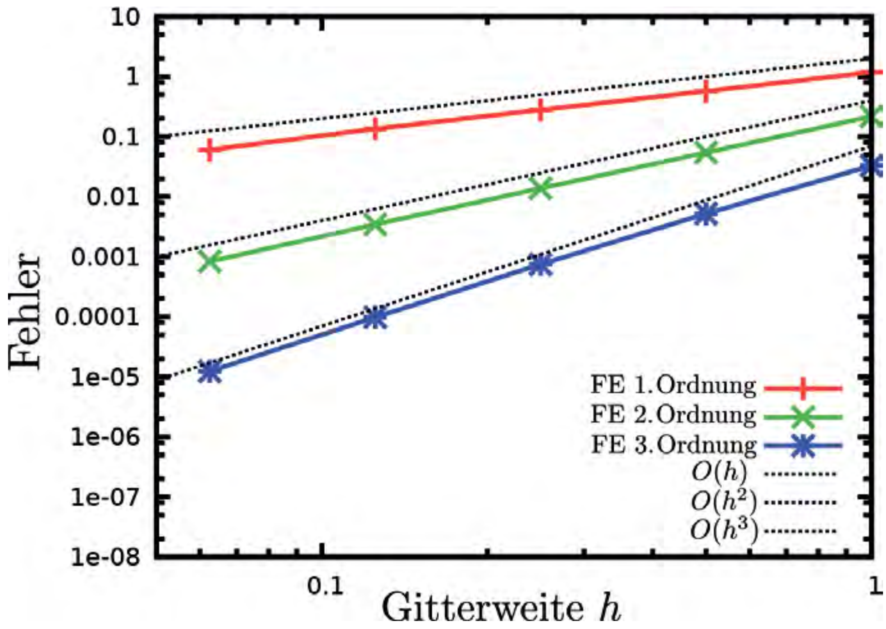


Abbildung 5: Gemessene H^1-Diskretisierungsfehler für den stationären Zustand eines zweidimensionalen Flüssigkristalls mit Werten in S^2

Aus der Sicht des Mathematikers ist eine der Hauptfragen, wie sich der Diskretisierungsfehler als Funktion der Gitterweite h verhält. Für elliptische Probleme konnte optimale Konvergenzordnung des Diskretisierungsfehlers bewiesen werden [8]. Dazu mussten allerdings diverse bekannte Konzepte deutlich erweitert werden. So sagt ja das klassische Diskretisierungsfehler-Resultat, dass der Diskretisierungsfehler in der H^1-Norm einer FE-Approximation p-ter Ordnung wie die p-te Potenz der Gitterweite h fällt, wenn die p+1-te Sobolev-Halbnorm der kontinuierlichen Lösung existiert. Kaum eines dieser Konzepte kann unverändert übernommen werden, wenn die approximierten Funktionen einen nichtlinearen Bildraum haben. Die normalerweise verwendeten Sobolev-Normen und Halb-Normen sind nicht definiert, und müssen durch geeignete Verallgemeinerungen ersetzt werden. Weiterhin gilt das klassische Resultat nur für elliptische Differentialoperatoren. Da der klassische Elliptizitätsbegriff aber wiederum nicht anwendbar ist, musste er, inspiriert von [2], durch strikte Konvexität entlang bestimmter Pfade ersetzt werden.

Die bewiesenen optimalen Raten lassen sich ebenso im Experiment beobachten. Abbildung 5 zeigt den Diskretisierungsfehlerverlauf einer Simulation eines stationären Zustands eines Flüssigkristalls mit. Man erkennt deutlich, dass der Fehler tatsächlich mit der von der Theorie vorhergesagten Rate fällt.

3 Anwendung: Geometrisch nichtlineare Cosserat-Schalen

Zum Abschluss dieses Übersichtsartikels zeigen wir eine Anwendung der beschriebenen Verfahren. Eines der klassischen Anwendungsgebiete der nichtlinearen FE-Methode sind die geometrisch nichtlinearen Cosserat-Schalen. Diese beschreiben das mechanische Verhalten von dünnen Objekten durch die Deformation einer zweidimensionalen Mittelfläche. Zusätzlich existiert an jedem Punkt der Mittelfläche ein Einheitsvektor, der die Transversalrichtung beschreibt. Manche Modelle erlauben zusätzlich lokale Rotationen um diese Transversalrichtung (Verdrillung). Der Konfigurationsraum besteht dann aus Funktionen definiert auf einem zweidimensionalen Gebiet w mit Bild in $\mathbb{R}^3$ x SO(3) (Abb. 6).

Wir beschränken uns für das Beispiel auf elastische Schalen. Das mathematisch fundierteste Modell ist das Schalenmodell von Neff, dessen Konfiguration durch Transversalvektor und Verdrillung beschrieben wird [14].

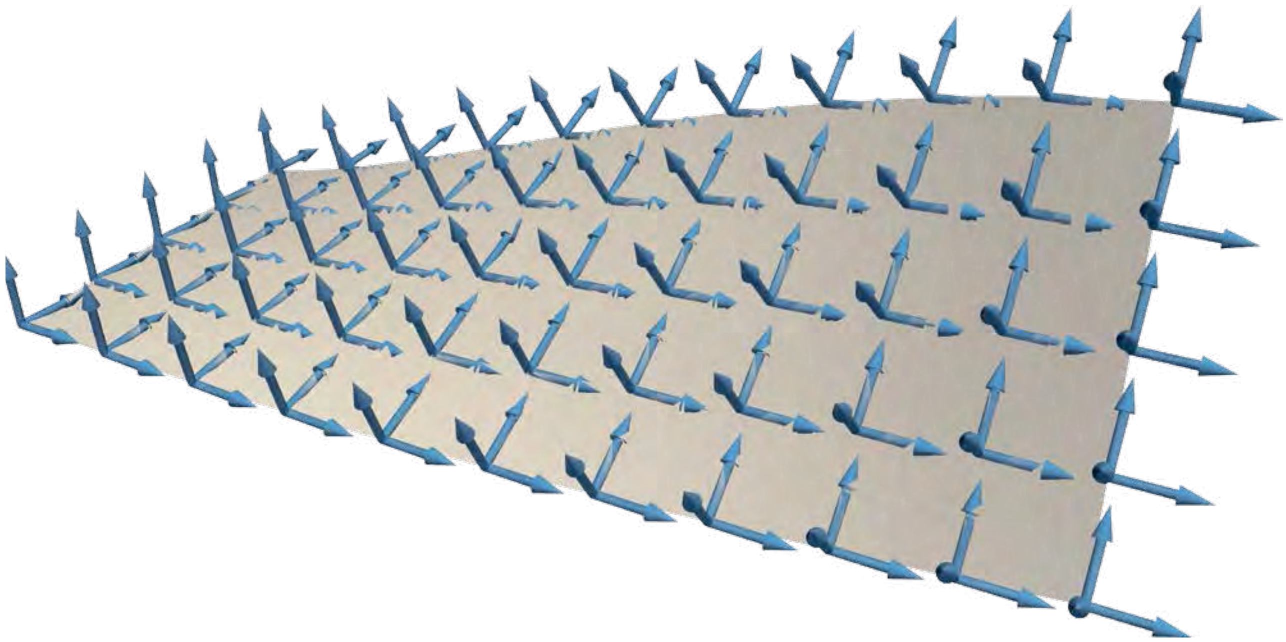


Abbildung 6: Schematische Darstellung einer geometrisch nichtlinearen Cosserat-Schale. Das Orientierungsfeld $\omega \to SO(3)$ wird durch Tripel von orthonormalen Vektoren veranschaulicht.

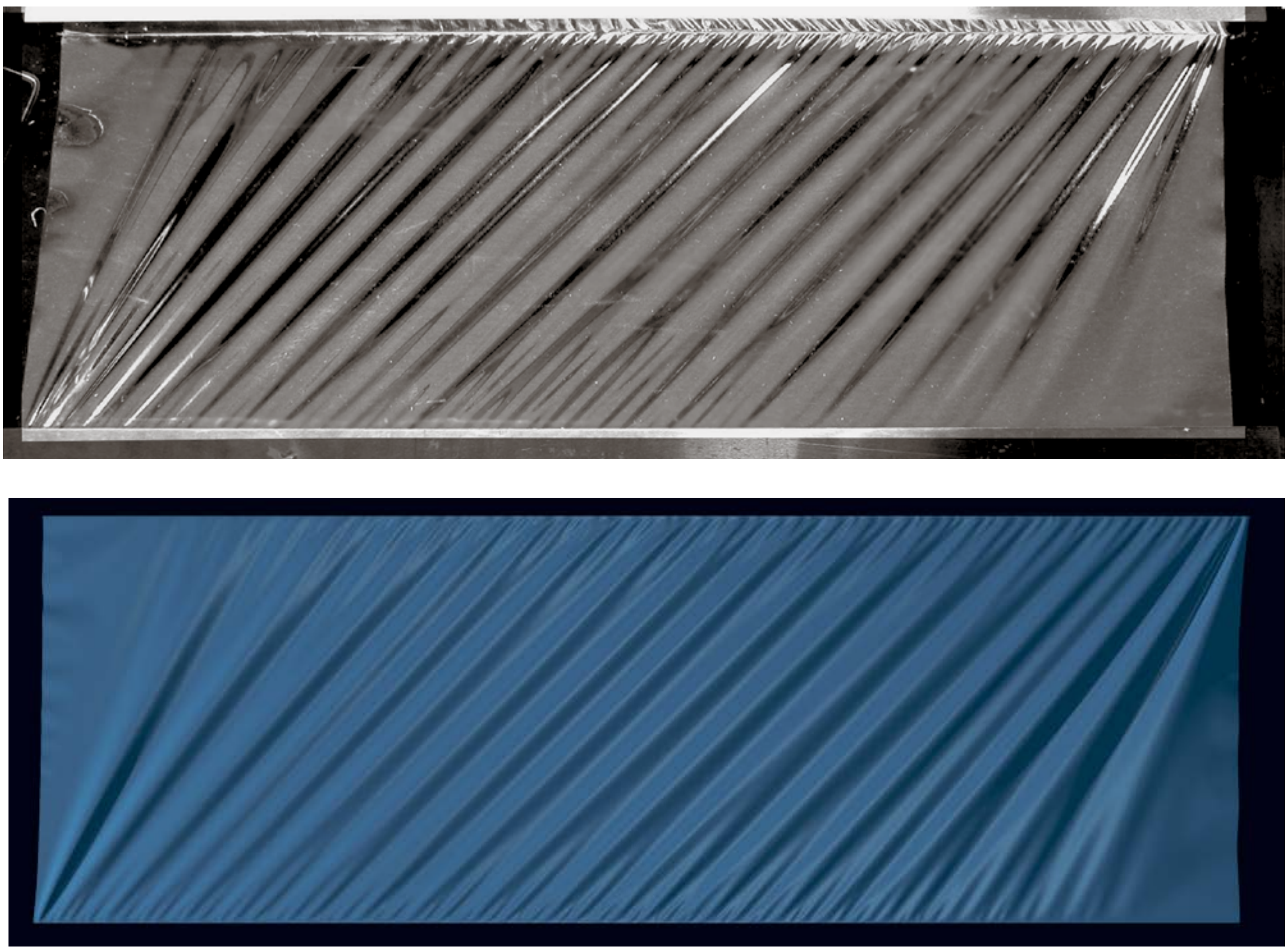


Abbildung 7: Faltenbildung durch Scherung einer dünnen, rechteckigen Plastikfolie. Oben: Experiment [24]. Unten: numerische Simulation [21]

Stationäre Zustände dieser Schale sind Minimierer eines hyperelastischen Materialmodells. Existenz solcher Minimierer wurde von Neff in [14] gezeigt.

Wichtiges Merkmal dieses Modells ist ein auf natürliche Weise auftretender Längenparameter, durch den sich Mikrostruktur des Materials beschreiben lässt. Dies äußert sich z. B. durch Faltenwurf der Schale. Wir verdeutlichen dies durch ein numerisches Experiment. Abbildung 7 zeigt die Simulation einer rechteckigen Schale, die an den langen Kanten einer kleinen Scherung unterworfen wird. Man erkennt sehr schön die resultierende Faltenbildung im 45-Grad-Winkel, die horizontalen Falten an den kurzen Seiten, sowie die Feinstruktur in der Nähe der horizontalen Ränder. Zum Vergleich zeigen wir im oberen Bild von Abbildung 7 ein Bild aus [24], wo das gleiche Szenario experimentell untersucht wurde. Nicht nur finden wir die selben qualitativen Eigenschaften in Simulation und Experiment, auch quantitativ stimmen beide sehr gut überein. Dies zeigt, dass Numerik für Funktionen mit nichtlinearem Bild neue interessante Ergebnisse liefern kann. Eine detaillierte Beschreibung der Ergebnisse dieses Abschnitts ist in [21] zu finden.

Literatur

[1] P.-A. Absil, R. Mahony, and R. Sepulchre. Optimization Algorithms on Matrix Manifolds. Princeton University Press, 2008.

[2] L. Ambrosio, N. Gigli, and G. Savaré. Gradient Flows in Metric Spaces and in the Space of Probability Measures. Birkhäuser, 2008.

[3] V. Arsigny, P. Fillard, X. Pennec, and N. Ayache. Geometric means in a novel vector space structure on symmetric positive-definite matrices. SIAM J. Matrix Anal. Appl., 29(1): 328–347, 2007.

[4] S. Bartels. Finite element approximation of harmonic maps betweeen surfaces. Habilitationsschrift, Humboldt Universität zu Berlin, 2009.

[5] D. L. Bihan, J. Mangin, C. Poupon, C. Clark, S. Pappata, N. Molko, and H. Chabriat. Diffusion tensor imaging: concepts and applications. Journal of Magnetic Resonance Imaging, 13:534–546, 2001.

[6] P. Grohs. Finite elements of arbitrary order and quasiinterpolation for Riemannian data. IMA Journal of Numerical Analysis, 33(3): 849–874, 2013.

[7] P. Grohs and M. Sprecher. Projection-based quasiinterpolation in manifolds. SAM Report 2013-23, ETH Zürich, 2013.

[8] P. Grohs, H. Hardering, and O. Sander. Optimal a priori discretization error bounds for geodesic finite elements. Found. Comput. Math., doi: 10.1007/s10208-014-9230-z, 2014. IGPM Preprint 365, RWTH Aachen.

[9] V. Ivancevic. Symplectic rotational geometry in human biomechanics. SIAM Review, 46(3): 455–474, 2004.

[10] C. Jog. On the explicit determination of the polar decomposition in n-dimensional vector spaces. J. Elast., 66:159–169, 2002.

[11] H. Karcher. Riemannian center of mass and mollifier smoothing. Comm. Pure Appl. Math., 30:509–541, 1977.

[12] S. V. Ketov. Quantum Non-linear Sigma-Models. Springer, 2000.

[13] I. Münch. Ein geometrisch und materiell nichtlineares Cosserat-Model – Theorie, Numerik und Anwendungsmöglichkeiten. Dissertation, Universität Karlsruhe, 2007.

[14] P. Neff. A geometrically exact planar Cosserat shell-model with microstructure: Existence of minimizers for zero Cosserat couple modulus. Math. Models Methods Appl. Sci., 17:363–392, 2007.

[15] P. Neff, B. Eidel, F. Osterbrink, and R. Martin. A Riemannian approach to strain measures in nonlinear elasticity. arXiv: 1305.2393, 2014.

[16] P. Neff, J. Lankeit, and A. Madeo. On Grioli's minimum property and its relation to Cauchy's polar decomposition. Int. J. Engng. Sci., 2014. 80: 209-217

[17] I. U. Rahman, I. Drori, V. C. Stodden, D. Donoho, and P. Schröder. Multiscale representations for manifold-valued data. Multiscale Modeling and Simulation, 4(4): 1201–1232, 2006.

[18] O. Sander. Geodesic finite elements on simplicial grids. Int. J. Num. Meth. Eng., 92 (12):999–1025, 2012.

[19] O. Sander. Geodesic finite elements in spaces of zero curvature. In Numerical Mathematics and Advanced Applications (Proc. of Enumath 2011), 449–457. Springer, 2013.

[20] O. Sander. Geodesic finite elements of higher order. 2013. IGPM Preprint 356, RWTH Aachen.

[21] O. Sander, P. Neff, and M. Bîrsan. Numerical treatment of a geometrically nonlinear planar Cosserat shell model, arXiv:1412.3668, 2014.

[22] J. Simo, D. Fox, and M. Rifai. On a stress resultant geometrically exact shell model. Part III: Computational aspects of the nonlinear theory. Comput. Methods Appl. Mech. Engrg., 79(1):21–70, 1990.

[23] J. Wallner and H. Pottmann. Intrinsic subdivision with smooth limits for graphics and animation. ACM Transactions on Graphics, 25(2):356–374, 2006.

[24] Y. W. Wong and S. Pellegrino. Wrinkled membranes part I: Experiments. Journal of Mechanics of Materials and Structures (JoMMS), 1(1):1–23, 2006.

Oliver Sander studierte Informatik und Physik in Frankfurt am Main, Paris und Berlin. Nach einem einjährigen Forschungsaufenthalt an der Universitat Pompeu Fabra in Barcelona promovierte er an der FU Berlin in Mathematik über ein numerisches Modell der Mechanik des Kniegelenks. Nach zwei Jahren als Juniorprofessor für Numerik von partiellen Differentialgleichungen und numerische Software an der FU Berlin wechselte er im Herbst 2012 an die RWTH Aachen, und ist seitdem dort Professor für angewandte Mathematik. Im Herbst 2015 wird er eine Professur an der TU Dresden antreten.

Oliver Sander beschäftigt sich mit Finite Elemente Methoden für Probleme in der Mechanik und der Geo-Hydrodynamik. Ihn interessieren besonders gekoppelte Prozesse, sowie nichtglatte Gleichungen für die Beschreibung von Kontakt und Reibungsphänomenen. Ausgehend von Fragestellungen in seiner Dissertation hat er eine neuartige Klasse von Finiten Elementen für Materialien mit Rotationsfreiheitsgraden, sowie allgemeiner für mannigfaltigkeitswertige Gleichungen entwickelt.

Gleichzeitig forscht Oliver Sander über Design von Software für die Numerik von partiellen Differentialgleichungen. Seit 2004 ist er aktiver Mitentwickler der Dune Finite Elemente Software.

DIE ZERLEGUNG VON PROBLEMEN: EINE UNENDLICHE GESCHICHTE

VON DANIEL J. RIXEN

Wie Cäsar einst sagte: *"divide et impera".* Im Ingenieurwesen ist dieses Muster, ein Problem so zu zerteilen, um es zu beherrschen bzw. zu lösen, eine fundamentale Idee, welche vielen Lösungsalgorithmen moderner Analysemethoden zu Grunde liegt. Die Idee findet typischerweise in Diskretisierungsmethoden wie der Finite Elemente oder der Finite Volumen Methoden Anwendung. Hierbei werden Lösungen von kontinuierlichen Problemen für komplexe Geometrien in Teilgebieten dieser Geometrie mit Hilfe von Ansatzfunktionen approximiert. In diesem Artikel wird die Grundidee des Teilens und Herrschens zusammengefasst und dargelegt, wie diese Idee für Lösungsverfahren bei Gebietszerlegungsmethoden und für Substrukturierungsmethoden in der Strukturdynamik genutzt wird.

Gebietszerlegung und paralleles Rechnen

Schwarz war wahrscheinlich der Erste, der ein Gebiet, in welchem eine Lösung bestimmt werden soll, als die Zerlegung des Gebiets in zwei eigenständige Teilgebiete, welche sich eine gemeinsame Lösung an der (überlappenden) Grenzflächen teilen, betrachtete. Er nutzte diesen Ansatz zur Lösung der Laplace-Gleichung auf einer komplexen Geometrie. Erst deutlich später wurde diese Grundidee um die Leistungsfähigkeit zusammenhängender Computerprozessoren zu nutzen wieder ins Leben zurückgerufen. Eine schöne geschichtliche Zusammenfassung bezüglich Gebietszerlegungsverfahren kann in [1] gefunden werden.
Interessanterweise basieren die im Maschinenwesen verwendeten Gebietszerlegungsverfahren oft auf einfachen, aber effizienten Ideen. Vielen technischen Modellen liegt eine Diskretisierung mit der Finite Elemente Methode zu Grunde. Wegen der Komplexität der Geometrie und den benötigten Genauigkeitsanforderungen um beispielsweise Spannungen hinreichend genau berechnen zu können, ist es heutzutage üblich Probleme mit mehreren Millionen Freiheitsgraden zu lösen. Wenn solche Modelle zur Optimierung genutzt werden sollen, ist es für den Ingenieur wichtig eine Lösung des Problems in einer akzeptablen Zeit zu erhalten. Daher stammt die Idee den Rechenaufwand auf mehrere Prozessoren aufzuteilen. Die grundlegende Schwierigkeit besteht nun in der Tatsachen, dass eine Lösung bestimmt werden soll, welche sich aus Teillösungen zusammensetzt. Hierbei ist sicherzustellen, dass die Lösung an den Flächen, an denen die Teilgebiete aneinander grenzen, identisch ist. Die Kompatibilität der physikalischen primären Variablen (üblicherweise Verschiebungen in der Strukturmechanik) und das Gleichgewicht der Flussvariablen (Spannungen in der Strukturmechanik) müssen erfüllt werden. Um sicherzustellen, dass die Lösungen, welche die einzelnen Prozessoren für die ihnen zugeordneten Teilgebiete berechnen, an den Grenzflächen übereinstimmen, müssen die Prozessoren untereinander Informationen austauschen. Und wie jeder Professor weiß, wenn er ein Problem auf zu viele Studenten aufteilt, werden die Studenten mehr Zeit damit verbringen Informationen untereinander auszutauschen anstatt sinnvolle Ergebnisse zu berechnen. Um die Berechnungen effizient durchzuführen, sind Gebietszerlegungsverfahren auf Löser angewiesen, welche die lokale Lösung auf einem Teilgebiet bestimmen und Iterationen für die unbekannten Größen auf den Grenzflächen durchführen, sodass Informationen nur zwischen aneinander grenzenden Teilgebieten und nur zu bestimmten Zeitpunkten ausgetauscht werden müssen.
Zur Erklärung davon wird ein statisches Problem betrachtet, bei welchem die Struktur von einer externen Kraft belastet wird. Das diskretisierte Modell der Struktur wird in zwei (in der Praxis in mehrere) Gebiete zerlegt. Als Unbekannte auf der Grenzfläche bzw. der Schnittstelle zwischen den zwei Teilgebieten werden die internen Kräfte, welche benötigte werden um Kompatibilität auf der Grenzfläche zu erzeugen, verwendet. Diese Kräfte sind auf beiden Seiten der Grenzfläche gleich groß und gegenständig (siehe Bild Abb.1). Die Lösung erfolgt folgendermaßen: Ausgehend von einer Startschätzung der Kräfte auf der Schnittstelle wird auf jedem Teilgebiet eine Lösung mit dieser Schätzung für die Kräfte auf der Schnittstelle berechnet. Dann wird geprüft, ob die Lösungen auf der Schnittstelle übereinstimmen (d.h. ob sie kompatibel sind). Falls ja, ist die Berechnung beendet und falls nein, wird der Kompatibilitätsfehler auf der Schnittstelle dazu verwendet die Schätzung für die Schnittstellenkräfte zu verbessern. Beispielsweise kann eine Korrektur dadurch erfolgen,

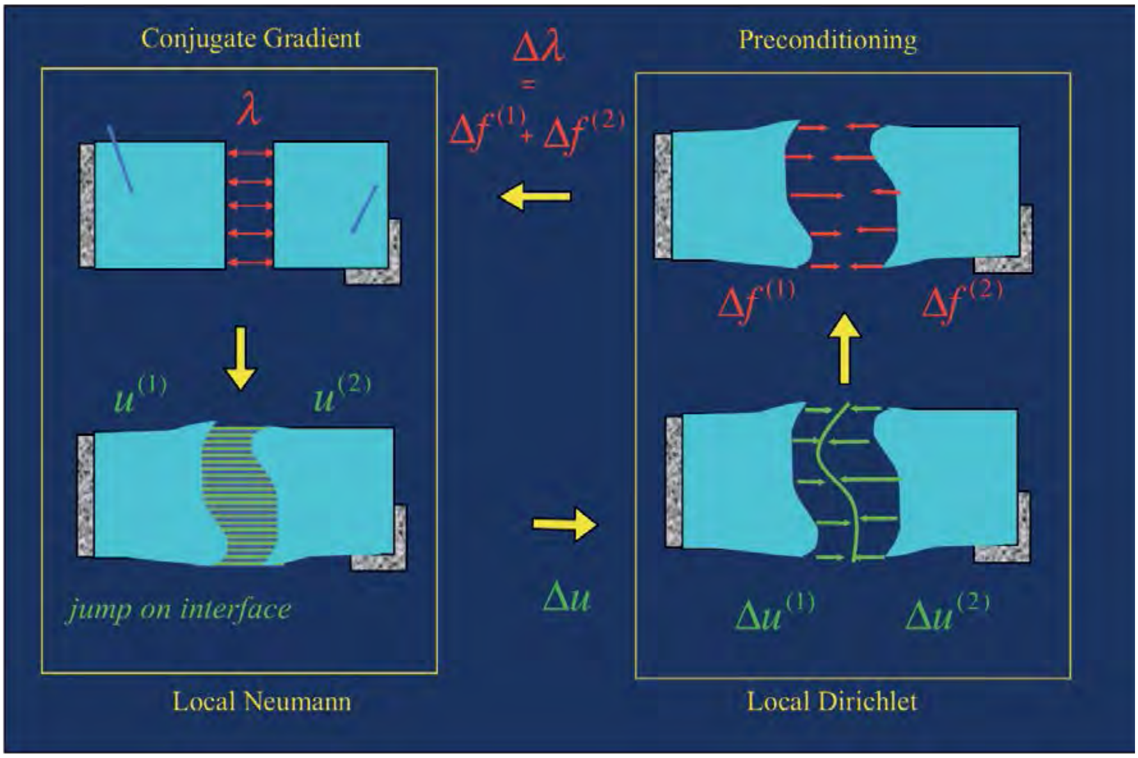


Abbildung 1 Bildliche Darstellung der FETI Methode

dass der Kompatibilitätsfehler auf die angrenzenden Teilgebiete aufgeteilt wird und dieser Fehler als Verschiebungen der Schnittstellenfreiheitsgrade vorgegeben wird. Bei der Vorgabe dieser Verschiebungskorrektur werden die Kräfte für jedes Teilgebiet, welche notwendig sind, um genau diese Verschiebungskorrekturen zu erzeugen, berechnet. Der Mittelwert dieser Kräfte auf beiden Seiten der Schnittstelle dient nun als Schätzung für die Korrektur, welche im nächsten Schritt für die Berechnung der Schnittstellenkräfte benötig wird. Dies ist in Abbildung 1 dargestellt. Üblicherweise werden die Beträge der Korrekturen mit einem Verfahren der konjugierten Gradienten bestimmt, wobei die Schätzung der Kraftkorrekturen für den nächsten Schritt als Vorkonditionierung betrachtet werden kann.

Dieser einfache Interationsansatz basiert auf einer Abfolge von Problemstellungen, bei denen abwechselnd die Kräfte (Neumann) und die Verschiebungen (Dirichlet) aufgezwungen werden. Dieser Ansatz ist unter dem Begriff „Finite Element Tearing and Interconnecting (FETI)" bekannt und wurde in [2] vorgeschlagen. Diese Methode und das Gegenstück dieser Methode in Primärvariablen, welche als „Balanced Domain Decomposition (BDD)" bezeichnet wird [3], wurden in den Neunzigerjahren zur Anwendung auf reale Probleme im Ingenieuralltag weiterentwickelt (vgl. [4]). Seit 2000 wurden viele Methoden dieser sogenannten „Schur-Komplement-Methoden" weiterentwickelt um ihre Leistungsfähigkeit auf modernen Computerarchitekturen zu verbessern. Eine interessante Diskussion hierzu ist in [5] zu finden. Eine Hauptschwierigkeit bleibt allerdings nach wie vor bestehen: Wenn die zerlegte Struktur, für die eine Lösung bestimmt werden soll, entlang den Grenzflächen zu starke Veränderung der mechanischen Eigenschaften aufweist (beispielsweise wie an der Grenzfläche zwischen zwei Stücken Schwarzwälder Kirschtorte), ist die Konvergenz solcher Ansätze vergleichsweise schlecht, was die numerische Effizienz gefährdet. Dies tritt beispielsweise bei der Zerlegung von Reifenmodellen oder bei anderen mit Fasern verstärkten Strukturen auf. Möglichkeiten dieser Problematik zu entgegnen wurden in [6,7] vorgeschlagen, allerdings sind immer noch weitere Nachforschungen notwendig.

Substrukturierung in strukturdynamischen Modellen

Der Grundgedanke der Gebietszerlegung wird häufig dazu verwendet die Komplexität von Modellen zu reduzieren, beispielsweise in der Modellordnungsreduktion. Die Modellordnungsreduktion war bereits Thema eines früheren GAMM Rundbriefs [8]. In diesem Artikel sollen nun spezielle Methoden für strukturdynamische Modelle diskutiert werden und insbesondere auf Verfahren, welche mit der Substrukturierung zusammenhängen, eingegangen werden. Bei solchen Verfahren wird das Gebiet in Substrukturen (oder Komponenten) zerlegt (üblicherweise in Substrukturen, welche von verschiedenen Gruppen entwickelt oder analysiert werden) und jede Komponente wird für sich reduziert, bevor sie wiederum in das Gesamtsystem assembliert wird. Dieses Vorgehen hat viele Vorteile gegenüber Modellordnungsreduktionmethoden, welche ein Modell als Ganzes reduzieren. Erstens ist die Analyse einer einzelnen Substruktur (beispielsweise die Berechnung der Eigenformen dieser

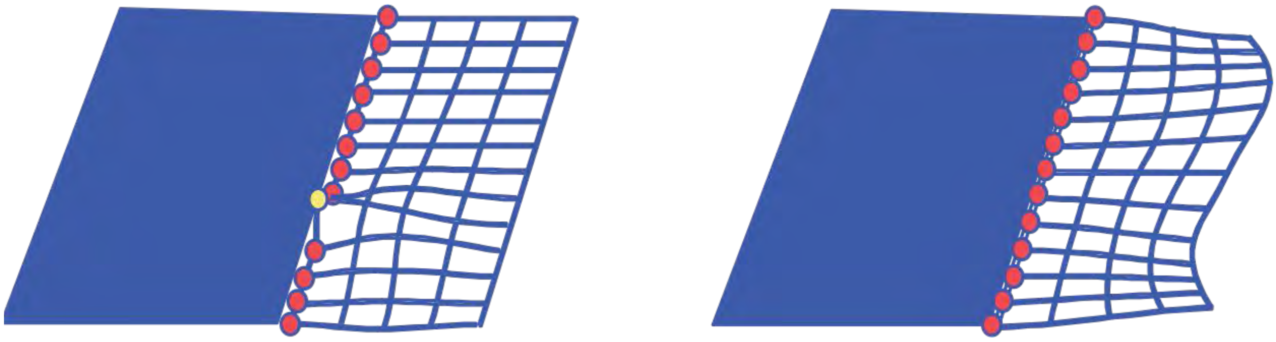


Abbildung 2: Statische und Schwingungsmoden in der Craig-Bampton Methods

Komponente) deutlich einfacher und kostengünstiger als die Analyse der globalen Gesamtstruktur und die dabei gewonnenen Ergebnisse können effizient für die Reduktionsbasis dieser Substruktur verwendet werden. Zweitens wird durch die Reduktion einer einzelnen Substruktur ein sogenanntes „Superelement" erzeugt, welches das grundlegende dynamische Verhalten abbildet, ohne allerdings die detaillierte Struktur dieser Komponente zu enthüllen. Dies ist ein immens wichtiger Vorteil, wenn Teilmodelle zwischen verschiedenen (konkurrierenden) Firmen ausgetauscht werden. Drittens muss im Fall der Veränderung einer Komponente (beispielsweise in einem Optimierungsschritt) nur ein reduziertes Modell für genau diese Komponente erstellt werden und die Modelle der anderen Substrukturen können beibehalten werden.

Der Grundgedanke der dynamischen Substrukturierung wurde in den Sechzigerjahren durch die damals auftretenden Herausforderungen in der Luft- und Raumfahrt vorangetrieben, da die durchzuführenden Berechnungen an die Grenzen der Leistungsfähigkeit der damals verfügbaren Computer stießen. Das bekannteste und erfolgreichste Verfahren ist die Craig-Bampton Methode [9]. Sie findet auch noch heutzutage in vielen kommerziellen Programmen Anwendung. Die Craig-Bampton Methode ist ein typisches Beispiel für ein Verfahren, welches seinen Erfolg primär durch seine Einfachheit und Effizienz erlangte. Das Verhalten jeder einzelnen Substruktur wird bei der Reduktion durch zwei wesentliche Bestandteile approximiert: Zum einen aus Verschiebungen der Substruktur, welche sich dadurch ergeben, dass nacheinander ein Freiheitsgrad auf der Grenzfläche zu Eins gesetzt wird während die anderen Freiheitsgrade auf der Grenzfläche festgehalten werden (statische Moden) und zum anderen aus einer kleinen Anzahl an Schwingungsmoden, wenn alle Freiheitsgrade auf der Grenzfläche festgehalten werden (wie in Abb. 2 dargestellt). Eine solche Darstellung der Dynamik der Substrukturen ist sehr leistungsfähig und hat den weiteren Vorteil, dass die reduzierten Matrizen der Substrukturen auf Grund der Orthogonalitätseigenschaften der Moden annähernd diagonal sind.

Später wurden viele weitere Reduktionsverfahren entwickelt, wobei alle auf ähnlichen Grundgedanken basieren: Verwendung einer Kombination von (quasi-)statischen Systemantworten resultierend aus einer Anregung der Grenzfläche und des Eigenschwingverhaltens der Substruktur (weitere Beispiele für solche Verfahren sind in [10, 11, 12] zu finden). Die Anwendung dieser Substrukturierungsideen auf nichtlineare Probleme und auf parametrisierte Problemstellungen, bei denen sich die mechanischen Eigenschaften oder die Geometrien der Substrukturen ändern können (zum Beispiel bei der Optimierung oder bei der Neuauslegung von Komponenten), ist derzeit Gegenstand der Forschung. In [13] werden spezielle iterative Verfahren zur Anpassung der Moden vorgeschlagen, wenn eine Substruktur verändert wird. Hierbei wurde gezeigt wie der Berechnungsaufwand zum Aufbau der reduzierten Modelle bei der Optimierung von Windturbinen verkleinert werden kann (siehe Abb. 3). Ein anderes interessantes Thema in der Substrukturierung (und ganz allgemein in der Modellreduktion) ist die Schätzung der Approximationsfehler durch die Reduktion. Für Substrukturierungsverfahren sind Methoden zur Fehlerschätzung notwendig um entscheiden zu können, wie groß die Reduktionsbasis pro Komponente sein sollte. Für die Craig-Bampton Methode wurde in der interessanten Veröffentlichung [14] gezeigt, dass aussagekräftige Feh-

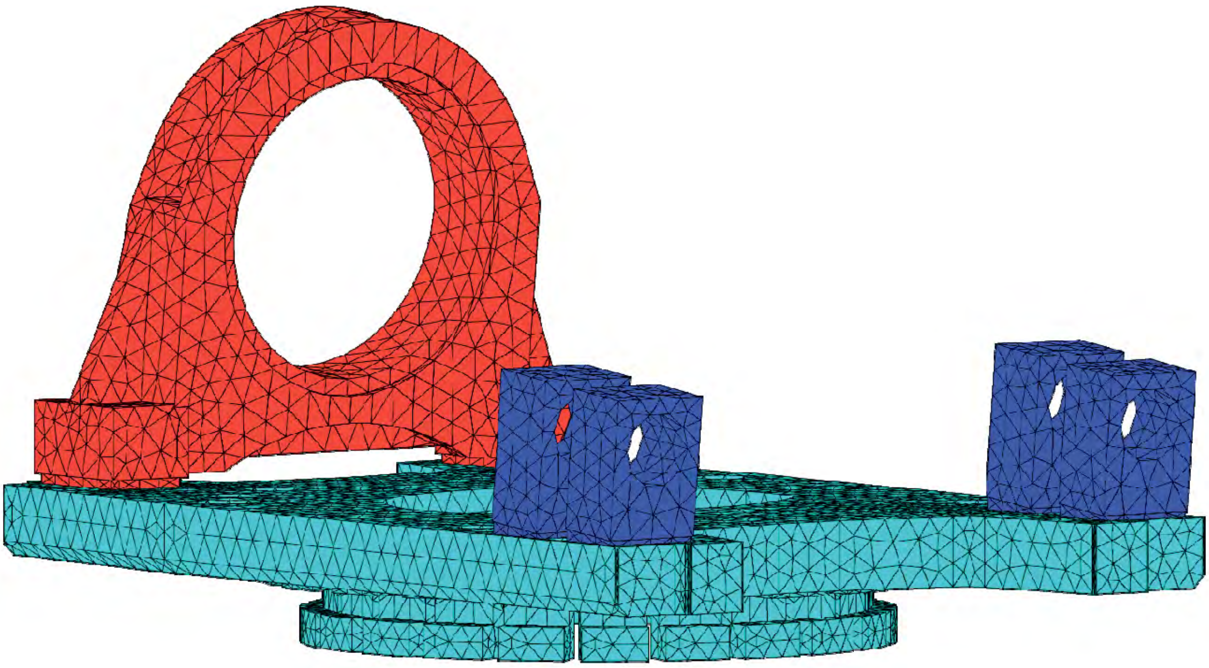


Abbildung 3: Finite-Elemente-Modell der Superstruktur einer Windkraftanlage. Die Farben zeigen verschiedene Komponente, die während des Entwurfes parametrisch verändert werden.

lerschranken angegeben werden können. Diese wurden in [15] verwendet, um die Darstellung der Komponenten adaptiv zu verbessern und dadurch wiederum die globale Genauigkeit des Modells zu verbessern. Weitere Nachforschungen sind allerdings notwendig um zuverlässige Fehlerschätzer für verschiedene Substrukturierungsverfahren, welche in modernen Computerprogrammen verwendet werden, zu erhalten.
Ein anderer interessanter Ansatz in der Substrukturierung für dynamische Systeme ist die Darstellung der Komponente nicht durch einen reduzierten Satz an Gleichungen, sondern durch das Antwortverhalten der Grenzfläche durch eine Impulsanregung. Zum Verständnis dieses Ansatzes wird eine Entkopplung der Problemstellung ähnlich zur Darstellung in Abbildung 1 betrachtet. Bei einem transienten dynamischen Problem wird eine Lösung gesucht, bei welcher die Kräfte an den Schnittstellen ein kompatibles Antwortverhalten sicherstellen. Zu diesen Zweck wird die dynamische Systemantwort für die Schnittstelle jeder Substruktur aus der Faltung von allen Kräften an den Schnittstellen an den vorhergehenden Zeitpunkten berechnet. Diese Methode wird als impulsbasierte Substrukturierung (Impulse Based Substructuring, IBS [16]) bezeichnet und ist ein leistungsfähiger Ansatz, wobei die Substruktur nur mittels sehr wenig bekanntem Wissen (die Impulsantwort an der Grenzfläche) dargestellt wird. Die Methode wurde zur Berücksichtigung der komplexen Modelle der tragenden Strukturen in der Cosimulation von dynamischen Mehrkörpermodellen von Offshore-Windturbinen (wie in Abbildung 4 dargestellt) erfolgreich angewendet [17].

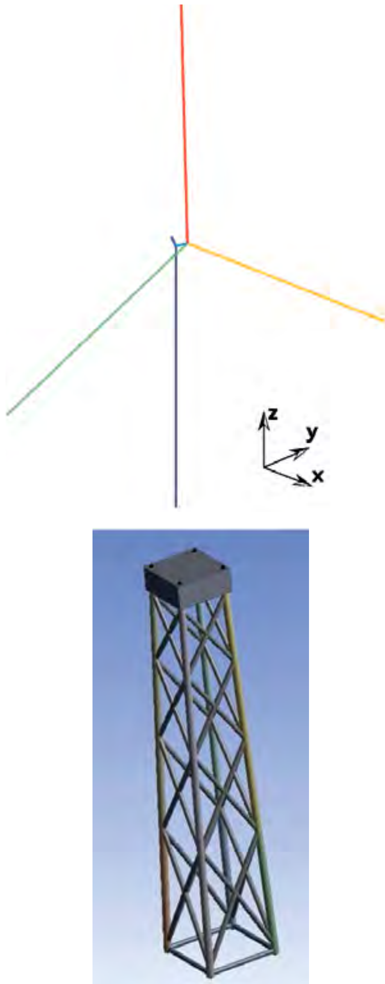


Abbildung 4: Entkoppelte Modelle einer Windkraftanlage (Mehrkörpersimulation) und eine tragende Struktur, die durch die IBS-Methode cosimuliert werden.

Ausblick

In den letzten zehn Jahren wurde die experimentelle Substrukturierung zu einem sehr aktiven und spannenden Feld für Forschungsarbeiten. Hierbei werden die dynamischen Eigenschaften von Komponenten nicht durch (reduzierte) Modelle, sondern durch experimentelle Messungen der Impedanz (oder Admittanz) der Grenzfläche gewonnen [18]. Die Verwendung der Idee der Substrukturierung in der experimentellen Dynamik ist eigentlich nichts Neues, allerdings eröffneten die modernen Errungenschaften in der Messtechnologie und der Signalverarbeitung neue Möglichkeiten und leiteten dadurch die Entwicklung neuartiger Verfahren ein. Ich erwarte in der Zukunft weitere Durchbrüche nicht nur in der Kombination von experimentellen und numerischen Substrukturen als vielseitiges Verfahren um Modelle aufzubauen, sondern auch echtzeitfähige Kombinationen von komplexen Modell mit gleichzeitig aktuierten Komponenten auf dem Prüfstand. Solch anspruchsvolle Hardware-in-the-Loop-Verfahren wären in der Tat ein Durchbruch im modernen Ingenieurwesen. Aber hierzu werden wesentliche Verbesserungen in der Systemidentifikation, Aktuierung und Regelung sowie bei der numerischen Berechnungseffizienz durch Modellordnungsreduktion und paralleles Rechnen benötigt. Die unendliche Geschichte der Substrukturierung…

Literatur

[1] M.J. Gander. „Schwarz Methods over the Course of Time", Electronic Transactions on Numerical Analysis, Vol. 31 (2008): 228-255.

[2] Farhat, Charbel, and Francois-Xavier Roux. „A method of finite element tearing and interconnecting and its parallel solution algorithm." International Journal for Numerical Methods in Engineering 32(6) (1991): 1205-1227.

[3] Mandel, Jan. „Balancing domain decomposition." Communications in numerical methods in engineering 9(3) (1993): 233-241.

[4] Bhardwaj, Manoj, et al. „Application of the FETI method to ASCI problems—scalability results on 1000 processors and discussion of highly heterogeneous problems." International Journal for Numerical Methods in Engineering 47(1-3) (2000): 513-535.

[5] Gosselet, Pierre, and Christian Rey. „Non-overlapping domain decomposition methods in structural mechanics." Archives of computational methods in engineering 13(4) (2006): 515-572.

[6] Klawonn, Axel, and Oliver Rheinbach. „Robust FETI-DP methods for heterogeneous three dimensional elasticity problems." Computer methods in applied mechanics and engineering 196(8) (2007): 1400-1414.

[7] Spillane, N., and D. J. Rixen. „Automatic spectral coarse spaces for robust finite element tearing and interconnecting and balanced domain decomposition algorithms." International Journal for Numerical Methods in Engineering 95(11) (2013): 953-990.

[8] Wenn die Probleme zahlreicher werden: Reduzierte Basis Methoden für effiziente und gesicherte numerische Simulation , Bernard Haasdonk und Mario Ohlberger, Gamm Rundbrief 1/2014.

[9] Bampton, Mervyn CC, and Roy R. CRAIG, JR. „Coupling of substructures for dynamic analyses." AIAA Journal 6(7) (1968): 1313-1319.

[10] R. MacNeal. A hybrid method of component mode synthesis. Computers & Structures 1(4):581--601, 1971.

[11] S. Rubin. Improved component-mode representation for structural dynamic analysis. AIAA Journal 13(8):995--1006, August 1975.

[12] D. Rixen. A dual Craig-Bampton method for dynamic substructuring. Journal of Computational and Applied Mathematics, 168(1-2):383--391, 2004.

[13] Voormeeren, Sven, and Daniel Rixen. „Updating component reduction bases of static and vibration modes using preconditioned iterative techniques." Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering 253 (2013): 39-59.

[14] H. Jakobsson and M. G. Larson. A posteriori error analysis of component mode synthesis for the elliptic eigenvalue problem. Comput. Methods Appl. Mech. Engrg., (200):2840–2847, 2011.

[15] Voormeeren, S. N., B. P. Nortier, and D. J. Rixen. „Error Estimation and Adaptive Model Reduction Applied to Offshore Wind Turbine Modeling." Topics in Experimental Dynamic Substructuring, Volume 2. Springer New York, 2014. 97-122.

[16] D. J. Rixen and P. L. van der Valk. An impulse based substructuring approach for impact analysis and load case simulations. Journal of Sound and Vibration, 332:7174-7190, 2013.

[17] P. L. van der Valk and D. J. Rixen. An impulse based substructuring method for coupling impulse response functions and finite element models. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 275:113-137, 2014.

[18] D. de Klerk, D. J. Rixen, and S. N. Voormeeren. General framework for dynamic substructuring: History, review and classification of techniques. AIAA Journal, 46(5):1169-1181, 2008.

Daniel J. Rixen, 1967 geboren in Belgien, studierte Elektromechanik an der Universität Lüttich. Nach dem Masterstudium Auslegung von Luft- und Raumfahrtstrukturen am College of Aeronautics in Cranfield (Großbritannien), promovierte er an der Universität Lüttich über Substrukturierung und parallelisierte Berechnungsmethoden. Er verbrachte zwei Jahre als wissenschaftlicher Assistent an der University of Colorado Boulder (Zentrum für Raumfahrtstrukturen) und erhielt 2000 eine Professur am Lehrstuhl für Technische Dynamik an der Technischen Universität Delft (Niederlande). Seit 2012 leitet er den Lehrstuhl für Angewandte Mechanik an der Technischen Universität München. Die derzeitigen Forschungsbereiche des Lehrstuhls konzentrieren sich auf dynamische Modellierungs- und Simulationsverfahren, experimentelle Verfahren und mechatronische Systeme, was auch die Robotik beinhaltet. Obwohl die Forschungsarbeiten sehr allgemein und oft theoretisch sind, sind die Anwendungen davon und die Zusammenarbeit mit der Industrie zahlreich, beispielsweise auf den Gebieten der Fahrzeugtechnik, Windenergie, Luft- und Raumfahrt oder der Biodynamik.

AUSSCHREIBUNG DES RICHARD-VON-MISES-PREISES DER GAMM 2016

CALL FOR NOMINATIONS FOR THE RICHARD VON MISES PRIZE OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF APPLIED MATHEMATICS AND MECHANICS (GAMM) 2016

Seit dem Jahr 1989 verleiht die GAMM jährlich den Richard-von-Mises-Preis für hervorragende wissenschaftliche Leistungen auf dem Gebiet der Angewandten Mathematik und Mechanik.

Traditionsgemäß erfolgt die Verleihung dieses Preises im Rahmen der Eröffnungsveranstaltung der Jahrestagung der GAMM. Der Preisträger oder die Preisträgerin wird dazu seine/ihre Forschungsergebnisse in einem Hauptvortrag präsentieren.

Der Preis dient der Förderung jüngerer Wissenschaftler/-innen, deren Forschungsarbeiten wesentliche Fortschritte im Bereich der Angewandten Mathematik und Mechanik darstellen.

Der oder die Preisträger/-in sollte nicht älter als 36 Jahre sein, wobei unterbrochene Laufbahnen berücksichtig werden können.

Vorschlagsberechtigt sind Hochschullehrer/-innen und Personen in entsprechenden Stellungen in der Forschung. Auch die Möglichkeit der eigenen Bewerbung ist gegeben. Vorschläge bzw. Bewerbungen sollten ein Begründungsschreiben und folgende Unterlagen des Kandidaten/ der Kandidatin enthalten:

- Lebenslauf,
- Publikationsliste,
- Kopien der wichtigsten wissenschaftlichen Arbeiten (max. 4).

Diese sind zu richten an den Präsidenten der GAMM, Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Ehlers, vorzugsweise in elektronischer Form.

Der Einreichungstermin ist der 30. September 2015.

Der Präsident der GAMM führt den Vorsitz des Richard-von-Mises-Preiskomitees, das folgende Mitglieder hat:

Since 1989, the Richard von Mises Prize is awarded every year by GAMM to a scientist for exceptional scientific achievements in the field of Applied Mathematics and Mechanics.

Traditionally, GAMM will present the prize during the opening ceremony of the GAMM Annual Meeting and the prize winner will present his research in a plenary talk.

The aim of the prize is to reward and encourage young scientists whose research represents a major advancement in the field of Applied Mathematics and Mechanics.

The winner should not be older than 36 years except if he or she has a broken career.

Nominations can be made by university professors or academic persons in similar positions. Self nomination is accepted.

Nominations should contain a justification letter by the nominating persons and the following material concerning the nominee:

- curriculum vitae,
- list of publications,
- copies of the most important scientific works (at most 4).

Nominations should be sent to the president of GAMM, Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Ehlers, preferably in electronic form.

The deadline for nomination is September 30th, 2015.

The Richard-von-Mises Prize committee has the following members:

A. Bertram, Magdeburg	(2011-2016)
S. Müller, Bonn	(2011-2016)
U. Langer, Linz	(2009-2015)
H. C. Kuhlmann, Wien	(2013-2018)

Präsident der GAMM
W. Ehlers, Stuttgart (Vorsitz) (2014-2016).

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Ehlers
Universität Stuttgart
Institut für Mechanik (Bauwesen)
Lehrstuhl für Kontinuumsmechanik
Pfaffenwaldring 7
70569 Stuttgart
Tel.: +49 711 685-66346
Fax: +49 711 685-6634
E-Mail: ehlers@mechbau.uni-stuttgart.de

Dr.-Ing. Benjamin Klusemann

studierte an der Technischen Universität Dortmund Maschinenbau auf Diplom mit der Vertiefungsrichtung Maschinentechnik, und schloss das Studium in 2008 mit Auszeichnung ab. Daneben verbrachte er ein Auslandssemester als ISEP-Stipendiat an der University of Idaho, USA. Von 2008 bis 2010 promovierte er am Institut für Mechanik an der TU Dortmund bei Prof. Bob Svendsen zum Thema der Materialmodellierung von heterogenen Werkstoffen von technologischem Interesse. Die Arbeit wurde mit dem Prädikat "ausgezeichnet" bewertet und mit dem Dissertationspreis der Fakultät Maschinenbau der TU Dortmund prämiert. Danach arbeitete er zwei Jahre als Postdoc an der RWTH Aachen. In 2013 verbrachte er mit einem Feodor Lynen-Forschungsstipendium für Postdoktoranden der Alexander von Humboldt Stiftung einen Forschungsaufenthalt am California Institute of Technology bei Prof. Dennis Kochmann und Prof. Michael Ortiz. Seit November 2012 ist er Oberingenieur am Institut für Kontinuumsmechanik und Werkstoffmechanik an der TU Hamburg-Harburg bei Prof. Swantje Bargmann.

STECKBRIEF

Meine Forschungsinteressen liegen in der Entwicklung von geeigneten Materialmodellen für verschiedene Werkstoffklassen auf Basis der physikalischen Verformungsmechanismen - insbesondere unter Berücksichtigung der vorhandenen und sich entwickelnden Mikrostruktur.
Die Entwicklung solcher Modelle ist entscheidend für die Anwendung von neuen Werkstoffen in der Praxis, da diese Modelle erlauben, das Verformungsverhalten in technologischen Produktionsprozessen zu beschreiben. Die Begeisterung für die Mechanik entstand bereits im Studium an der TU Dortmund. Im Rahmen meiner Studienarbeit am Institut für Spanende Fertigung zur Simulation der Drehbearbeitung an Mischkeramiken entdeckte ich endgültig meine Faszination für die Modellierung. Für die Durchführung von Forschung im Bereich der Materialmodellierung erwies sich Prof. Bob Svendsen als idealer Doktorvater, da er als Physiker an einem Ingenieurlehrstuhl forscht und außerdem sehr multidisziplinär veranlagt ist. In diesem Sinne befanden sich meine Forschungsprojekte während der Promotion in der Schnittstelle aus Physik, Materialwissenschaft, Produktionstechnik und Informatik.
Dieses ermöglichte eine sehr interessante interdisziplinäre Zusammenarbeit. Ein Teil meiner Arbeit beschäftigte sich dabei mit den unterschiedlichen Aspekten der Modellierung von thermisch gespritzten Beschichtungen basierend auf der vorhandenen Mikrostruktur [1, 2]. Da die Rechenzeit dieser Modelle relativ hoch ist, sind diese nicht für großflächige technologische Prozesssimulationen und deren Optimierung geeignet. Daher ist es notwendig, geeignete Homogenisierungsmethoden zu entwickeln [3, 4], die es ermöglichen, das mikrostrukturelle Verhalten numerisch effizient zu erfassen. Ein weiterer Forschungsaspekt stellte die Entwicklung von geeigneten Materialmodellen zur Beschreibung der Verformungsmechanismen aufgrund von Versetzungsbewegungen in metallischen Werkstoffen dar. Hierbei ist eine enge Kooperation mit dem Experiment notwendig, um die Modelle zu identifizieren und zu verifizieren [5]. Abbildung 1 zeigt einen detaillierten Vergleich zwischen Experiment und Simulation mit einem kristallplastischen Materialmodell.
Neben meiner Forschungstätigkeiten war ich an dem Vorlesungsbetrieb am Institut und an der Vorbereitung von DFG-Anträgen beteiligt. Im Zentrum meiner Postdoc-Tätigkeit stand die Modellierung von auftretenden und sich entwickelnden Mikrostrukturen. Aus energetischen Gesichtspunkten führt die Modellformulierung in großen Deformationen oder die Berücksichtigung von latenter Verfestigung oftmals zum Fehlen von Konvexität im Modell. Dieses führt oft zu einer Uneindeutigkeit der Lösung. Anstelle einer homogenen Verformung des Materials ist das Auftreten und Entwickeln von Mikrostrukturen zu beobachten, da diese eine Energieminimierung zur Folge haben. Die Lösung solcher Problemstellungen erfordert spezielle numerische Konzepte. Hierbei habe ich mich insbesondere mit der Gradientenplastizität [6, 7] und der Methode der Relaxierung [8] beschäftigt. In Abbildung 2 ist ein Vergleich beider Methoden dargestellt, die signifikante Unterschiede in der Mikrostrukturbildung aufzeigen.
In meiner Tätigkeit als Oberingenieur an der Technischen Universität Hamburg-Harburg beschäftige ich mich insbesondere mit der Entwicklung von Modellen zur Beschreibung des physikalischen Verformungsverhaltens in innovativen neuen Materialsystemen wie z.B. metallischen Gläsern [9, 10], Nanomaterialien und Kompositwerkstoffen. Hierbei liegt ein Schwerpunkt auf der Modellierung des sogenannten Größeneffekts, der insbesondere aufgrund der immer stärkeren Miniaturisierung das Materialverhalten signifikant beeinflusst. Die Berücksichtigung erfordert eine nicht-lokale Modellierung, so dass eine innere Länge in die Modellformulierung eingeführt wird. Wir konnten zeigen, dass sich bei metallischen Gläsern die Duktilität durch eine Miniaturisierung deutlich erhöhen lässt [9].
Ebenfalls lässt sich durch das Einbringen einer vorhandenen Mikrostruktur das makroskopische Verformungsverhalten steuern (siehe Abbildung 3). Ein weiterer aktueller Forschungsaspekt von mir ist die Modellierung der physikalischen

Mechanismen bei auftretenden materiellen Instabilitäten (z. B. PLC-Effekt).

Literatur

[1] B. Klusemann, R. Denzer, B. Svendsen. Microstructure based modeling of residual stresses in WC-12Co sprayed coatings. J. Therm. Spray Technol., 21(1):96-107, 2012.

[2] T. Wiederkehr, B. Klusemann, D. Gies, H. Müller, B. Svendsen. An Image Morphing Method for 3D Reconstruction and FE-Analysis of Pore Networks in Thermal Spray Coatings. Comp. Mater. Sci., 47(4):881-889, 2010.

[3] B. Klusemann, H.J. Böhm, B. Svendsen. Homogenization methods for multi-phase elastic composites with non-elliptical reinforcements: Comparisons and benchmarks. Eur. J. Mech. A. Solids, 34:21-37, 2012.

[4] B. Klusemann, B. Svendsen. Homogenization modeling of thin-layer-type microstructures. Int. J. Solids Struct., 49:1828-1838, 2012.

[5] B. Klusemann, B. Svendsen, H. Vehoff. Modeling and simulation of deformation behavior, orientation gradient development and heterogeneous hardening in thin sheets with coarse texture. Int. J. Plast., 50, 109-126, 2013.

[6] B. Klusemann, T. Yalcinkaya. Plastic deformation induced microstructure evolution through gradient enhanced crystal plasticity based on a non-convex Helmholtz energy. Int. J. Plast., 48, 168-188, 2013.

[7] B. Klusemann, T. Yalcinkaya, M.G.D. Geers and B. Svendsen. Application of non-convex rate dependent gradient plasticity to the modeling and simulation of inelastic microstructure development and inhomogeneous material behavior. Comp. Mater. Sci., 80, 51-60, 2013.

[8] B. Klusemann, D. M. Kochmann. Microstructural Pattern Formation in Finite-Deformation Single-Slip Crystal Plasticity under Cyclic Loading: Relaxation vs. Gradient Plasticity. Comput. Meth. Appl. Mech. Eng. 278, 765-793, 2014.

[9] B. Klusemann, S. Bargmann. Modeling and simulation of size effects in metallic glasses with a non-local continuum mechanics theory. J. Mech. Behav. Mater., 22 (1-2): 51-66, 2013.

[10] B. Sarac, B. Klusemann, T. Xiao, S. Bargmann. Materials by design: An experimental and computational investigation on the microanatomy arrangement of porous metallic glasses, Acta Mater., 77, 411-422, 2014.

Kontakt:

Dr.-Ing. Benjamin Klusemann
Institut für Kontinuumsmechanik und Werkstoffmechanik
TU Hamburg-Harburg
Eißendorfer Str. 42, 21073 Hamburg
Tel: +49 40 42878 2322
benjamin.klusemann@tuhh.de
http://www.tuhh.de/icm

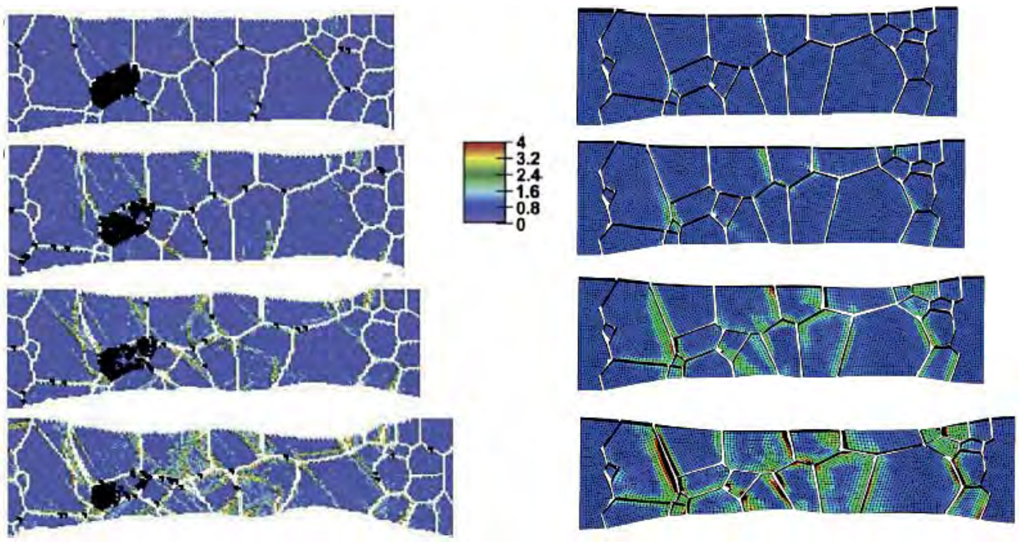


Abbildung 1: Vergleich der Morphologie und des Orientierungsgradienten zwischen Experiment (links) und Simulation (rechts) bei verschiedenen Dehnungen. Viele Features vom Experiment werden korrekt in der Simulation abgebildet.

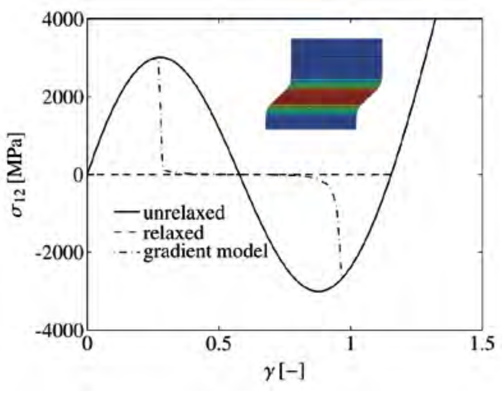


Abbildung 2: Resultierenden Spannungen mit Gradientenplastizitäts- und Relaxierungs-Modell für nicht-konvexe Helmholtz-Energie. Die resultierende Mikrostruktur mittels der Gradientenplastizität zeigt ebenfalls eine Laminatstruktur.

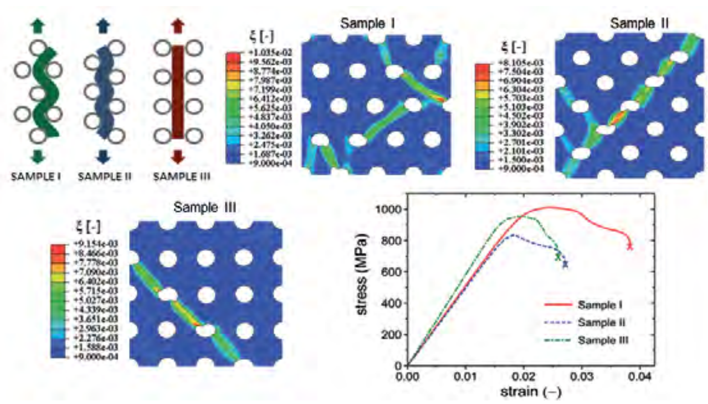


Abbildung 3: Einfluss der Poren-Mikrostruktur auf das makroskopische Verhalten aufgrund der Scherbandbildung bei metallischen Gläsern.

Jun.-Prof. Dr. Andrea Barth

studierte Mathematik und Informatik an der Universität Mannheim. Das Diplomstudium beendete sie 2005 mit einem Diplom in Mathematik. Von 2006 bis 2009 promovierte sie bei Prof. Dr. Fred Espen Benth an der Universität Oslo in Norwegen im renomierten Center of Mathematics for Applications. Im Anschluss forschte sie als PostDoc am Seminar für Angewandte Mathematik der ETH Zürich. Seit Ende 2013 ist Andrea Barth Juniorprofessorin am SRC SimTech der Universität Stuttgart und leitet dort die Forschungsgruppe "Computational Methods for Uncertainty Quantification".

Mein Interesse an Stochastik und partiellen Differentialgleichungen (und deren Verbindungen) wurde durch ein Seminar an der Universität Mannheim geweckt. Prof. Dr. Jürgen Potthoff, der später meine Diplomarbeit betreute und einer meiner zwei Doktorväter ist, veranstaltete das Seminar. Ich hielt einen Vortrag über die Erzeugung von Pseudozufallszahlen. Während meines Vortrags kam die Diskussion auf, was "zufällig" bedeutet und ob etwas "Zufälliges" eigentlich existiert. Vorher hatte ich mich kaum mit Wahrscheinlichkeitstheorie oder Stochastik beschäftigt, aber die Frage ließ mich nicht mehr los. So schrieb ich schlussendlich meine Diplomarbeit über stochastische Differentialgleichung und Verteilungen von Rendezvous-Zeiten, sowie deren Simulation.

In meiner Doktorarbeit, die ich an der Universität Oslo in Norwegen bei Prof. Dr. Fred Espen Benth schrieb, stand die Frage nach der Theorie und Simulation einer unendlich-dimensionalen stochastischen Differentialgleichung im Vordergrund. Die Fragestellung wurde durch Modellierungen von Energiemärkten motiviert. Die resultierenden Gleichungen kann man von zwei verschiedenen Sichtweisen her betrachten. Zum einen als unendlich-dimensionale stochastische Differentialgleichung – also als stochastische Differentialgleichung, deren Lösung Werte in einem geeigneten Funktionenraum annimmt. Auf der anderen Seite sind diese Gleichung partielle Differentialgleichung (in Integralform) mit einem Rauschterm. Dieses Rauschen ist durch ein (unendlich-dimensionales) stochastisches Integral gegeben. Die Lösung einer stochastischen partiellen Differentialgleichung ist, im Vergleich mit deterministischen Differentialgleichungen, in jedem Zeit- und Ortspunkt nicht durch einen Wert, sondern durch eine Verteilung gegeben. Nur in sehr ausgewählten Fällen hat eine partielle stochastische Differentialgleichung eine Lösung die in geschlossener Form gegeben ist. Meistens müssen Lösungen (und deren Verteilungen) numerisch approximiert werden. Für stochastische partielle Differentialgleichungen existieren viele unterschiedliche Lösungskonzepte. Über diese verschiedenen Lösungskonzepte hinaus interessieren verschiedene Aspekte der Lösung. Zum Einen kann man die Verteilung der Lösung zu jedem Zeit- und an jedem Ortspunkt berechnen, oder zumindest Momente der Verteilung. Zum Anderen kann man einzelne Realisierungen approximieren und die Konvergenz jeder Approximation zu der eigentlichen Realisierung untersuchen. In meiner Doktorarbeit erarbeitete ich Lösungskonzepte und numerische Methoden für hyperbolische und parabolische Gleichungen mit nicht-stetigem Rauschen [2, 3, 4, 6, 5].

Als PostDoc und Dozentin am Seminar für Angewandte Mathematik an der ETH Zürich konnte ich die numerischen Methoden aus meiner Diplomarbeit weiter verbessern und auch an Approximationen von Verteilungen der Lösungen arbeiten. Zusätzlich rückte ein anderer Typ einer stochastischen Gleichung in den Fokus meiner Forschung. Eine weitere Möglichkeit eine stochastische partielle Differentialgleichung zu erzeugen besteht darin, den Koeffizienten des Differentialoperators einer (partiellen) Differentialgleichung als Zufallsvariable zu modellieren. Damit ist die Lösung der Differentialgleichung ebenfalls eine Zufallsvariable, die wieder eine Verteilung besitzt. Für die Approximation können ähnliche Methoden verwendet werden, wie bei den oben beschriebenen stochastischen partiellen Differentialgleichungen mit Rauschen. Insbesondere habe ich in dieser Zeit, zusammen mit Prof. Dr. Christoph Schwab, die multilevel Monte-Carlo Methode zur Approximation von Momenten der Lösung einer elliptischen Gleichung mit stochastischen Koeffizienten untersucht [1, 9].

STECKBRIEF

Neben stochastischen partiellen Differentialgleichungen gibt es noch einige weitere Verbindungen von Stochastik und partiellen Differentialgleichungen. Viele Verteilungen von Lösungen stochastischer Differentialgleichungen sind durch Lösungen partieller Differentialgleichungen gegeben. Diesen Zusammenhang nutzte ich, um, zusammen mit Dr. Santiago Moreno-Bromberg vom Institut für Banking und Finance der Universität Zürich, wirtschaftswissenschaftliche Modelle zum Liquiditäts- und Risikomanagement in Versicherungen zu entwickeln [7, 8].

In Stuttgart baue ich derzeit die Forschungsgruppe "Computational Methods in Uncertainty Quantification" auf. Im Rahmen des SRC SimTech soll hier eine enge Zusammenarbeit mit den Ingenieurwissenschaften und der Physik erfolgen. Trotzdem bleibe ich auch weiterhin meinen Wurzeln in der stochastischen Analysis treu und suche weiter nach einer Antwort auf die Frage, ob etwas wirklich "Zufälliges" existiert.

Literatur

[1] Assyr Abdulle, Andrea Barth, and Christoph Schwab. Multilevel Monte Carlo methods for stochastic elliptic multiscale PDEs. Multiscale Model. Simul., 11(4):1033–1070, 2013.

[2] Andrea Barth. A finite element method for martingale-driven stochastic partial differential equations. Commun. Stoch. Anal., 4(3):355–375, 2010.

[3] Andrea Barth and Fred Espen Benth. Forward dynamics in energy markets – An infinite dimensional approach. Stochastics, 2014. to appear.

[4] Andrea Barth and Annika Lang. Milstein approximation for advection-diffusion equations driven by multiplicative noncontinuous martingale noises. Appl. Math. Optim., 66(3):387–413, 2012.

[5] Andrea Barth and Annika Lang. Simulation of stochastic partial differential equations using finite element methods. Stochastics, 84(2-3):217–231, 2012.

[6] Andrea Barth and Annika Lang. L^p and almost sure convergence of a Milstein scheme for stochastic partial differential equations. Stochastic Process. Appl., 123(5):1563–1587, 2013.

[7] Andrea Barth and Santiago Moreno-Bromberg. Optimal risk and liquidity management with costly refinancing opportunities. Insurance Math. Econom., 57:31–45, 2014.

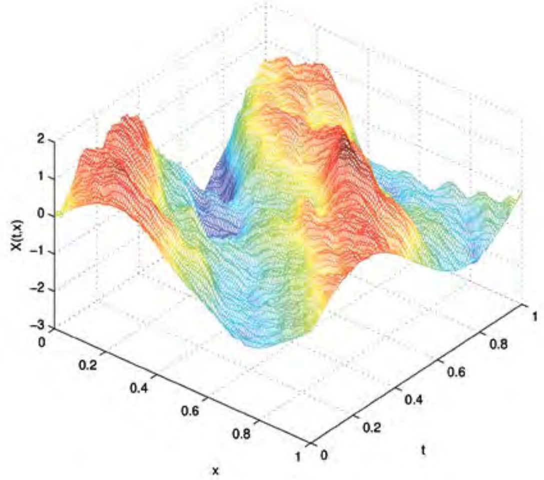
[8] Andrea Barth, Santiago Moreno-Bromberg, and Oleg Reichmann. A non-stationary model of dividend distribution in a stochastic interest-rate setting. http://ssrn.com/abstract=2476961, 2014.

[9] Andrea Barth, Christoph Schwab, and Nathaniel Zollinger. Multi-level Monte Carlo finite element method for elliptic PDEs with stochastic coefficients. Numer. Math., 119(1):123–161, 2011.

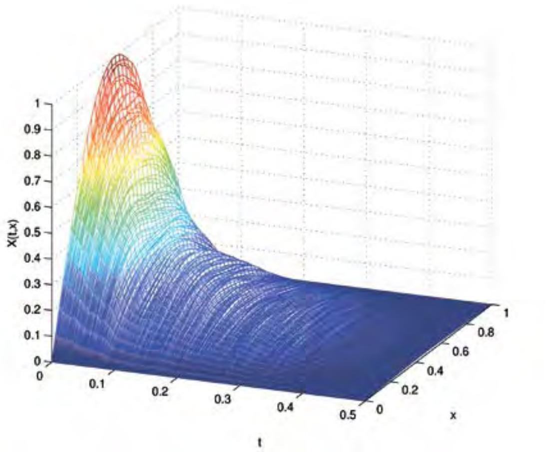
Kontakt:

Andrea Barth
SimTech/ IANS
Universität Stuttgart
Pfaffenwaldring 5a
70569 Stuttgart
andrea.barth@mathematik.uni-stuttgart.de

(a) Stochastische Transportgleichung mit additivem Wiener-Rauschen



(b) Stochastische Wärmeleitungsgleichung mit multiplikativem Wiener-Rauschen



(c) Q-Wiener-Prozess

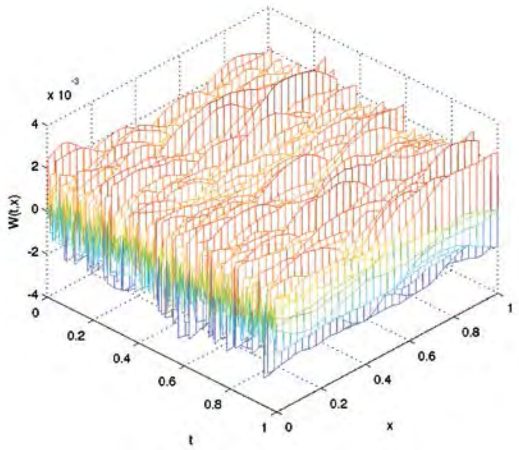


Abbildung: Stochastische partielle Differentialgleichungen erster und zweiter Ordnung; Wiener-Rauschen in Zeit und Ort

JAHRESBERICHT 2014 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

ANALYSIS PARTIELLER DIFFERENTIALGLEICHUNGEN

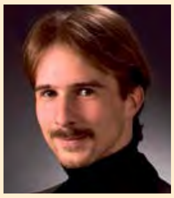

Helmut Abels

Der Fachausschuss „Analysis partieller Differentialgleichungen" fördert den wissenschaftlichen Austausch von Wissenschaftlern, die in unterschiedlichen Bereichen der Analysis partieller Differentialgleichungen arbeiten, verstärkt und koordiniert diesen. Insbesondere soll die Interaktion zwischen unterschiedlichen Forschungsgemeinschaften und Anwendungsgebieten intensiviert werden und damit ein wichtiger Wissenstransfer geschaffen werden. Der Vorstand besteht aus: Helmut Abels (Vorsitzender), Dieter Bothe, Robert Denk, Joachim Escher, Harald Garcke, Dorothee Knees (stellvertretende Vorsitzende), Stefan Müller, Barbara Niethammer, Matthias Röger, Guido Schneider (stellvertretnder Vorsitzender) und Christian Schmeiser. Anträge auf Annahme können jeder Zeit an den Vorsitzenden (Helmut Abels, e-mail: Analysis.PDG@ur.de) gestellt werden. Genauere Informationen findet man auf der WWW-Seite des Fachausschusses.
Am 29. September bis 1. Oktober 2014 fand an der Universität Stuttgart das zweite Jahrestreffen des Fachausschusses mit 45 Teilnehmern statt (Organisation: Wolf-Patrick Düll, Guido Schneider, Dominik Zimmermann). Die Vortragsthemen spannten einen weiten Bogen von Fokker-Planck-Gleichungen über Gleichungen der Strömungsmechanik bis hin zu Regularitätsaussagen für Gleichungen in nichtglatten Gebieten. Des Weiteren organisierten die Mitglieder Joachim Escher und Günther Grün die Sektion „Applied Analysis" auf der GAMM-Jahrestagung.
Für das Jahr 2015 ist das dritte Jahrestreffen in Form eines zweieinhalbtägigen Workshops vom 30. September bis 2. Oktober an der Universität Kassel geplant (Organisation: Dorothee Knees und Maria Specovius-Neugebauer). Zudem wird am 7. bis 11. September an der Universität Stuttgart eine Sommerschule mit dem Thema „Materials with discontinuities" von Jan Gieselmann und Marita Thomas organisiert werden. Die Organisation der Sektion „Applied Analysis" auf der GAMM-Jahrestagung 2015 hat unser Mitglied Dorothee Knees zusammen mit Maurizio Grasselli und Elisabetta Rocca übernommen.

JAHRESBERICHT 2014 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

OPTIMIERUNG MIT PARTIELLEN DIFFERENTIALGLEICHUNGEN


Roland Herzog


Winnifried Wollner

Der Fachausschuss fördert die Kommunikation und Zusammenarbeit aller Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie Industrievertreter, die an der Optimierung mit partiellen Differentialgleichungen interessiert sind. Er vertritt außerdem das Fachgebiet innerhalb der GAMM.
Das Treffen des FA fand 2014 im Rahmen des Workshops „Computational Optimization with PDEs" im September an der TU Dortmund statt. Nach dreijähriger Amtszeit wurde turnusgemäß ein neuer Sprecher (jetzt Prof. Dr. Roland Herzog, TU Chemnitz) und Stellvertreter (jetzt JProf. Dr. Winnifried Wollner, Universität Hamburg) gewählt.
Mitglieder des FA haben an zahlreichen Konferenzen und Workshops teilgenommen und zahlreiche Veranstaltungen mit organisiert. Zu nennen sind hier insbesondere der Workshop „Optimal Control and Inverse Problems" (OCIP) an der TU München (Michael Ulbrich, Boris Vexler), der Workshop „Stochastic Computing and Optimization" und die Lecture Series „Numerical Mathematics and Applications" in Würzburg (beides Alfio Borzi), die Organisation von Minisymposien auf der SIAM Conference on Optimization in San Diego (Christian Clason, Michael Hintermüller, Stephan Schmidt, Michael und Stefan Ulbrich), auf der AIMS Conference in Madrid (Boris Vexler) und der Conference on Computational Methods in Applied Mathematics in St. Wolfgang (Fredi Tröltzsch), die Organisation von Minisymposien und Sektionen auf der Jahrestagung der GAMM in Erlangen (Alfio Borzi, Christian Clason, Michael Hinze, Jens Saak, Stephan Schmidt, Andrea Walther), die Organisation und Durchführung der Gene Golub SIAM Summer School in Linz (Roland Herzog, Winnifried Wollner), die Organisation eines Workshops inkl. Winterschule in Heidelberg (Rolf Rannacher, Volker Schulz, Boris Vexler).
Außerdem fand der bereits genannte Workshop in Dortmund statt (Christian Meyer, Stefan Turek), der sich auch an die Mitglieder des GAMM-FA „Computational Science and Engineering" richtete.

Tagungsaktivitäten für 2015 werden über die Homepage des Fachausschusses bekanntgegeben, die ab sofort unter http://www.gamm.optpde.net erreichbar ist.

JAHRESBERICHT 2014 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

NUMERISCHE METHODEN FÜR PARTIELLE DIFFERENTIALGLEICHUNGEN


Christian Wieners


Stefan A. Sauter

Auf der GAMM-Jahrestagung in Erlangen hat der Fachausschuss das Minisymposium „Generalized Finite Elements" (Organisation: U. Langer, G. Wittum) veranstaltet, und die Mitglieder des Ausschusses haben über weitere Aktivitäten beraten. Ein interessantes Thema, an dem zurzeit eine Reihe von Ausschussmitgliedern arbeiten, sind Raum-Zeit-Diskretisierungen. Daher werden wir für die GAMM-Jahrestagung 2016 ein Minisymposium mit dem Titel „Space-Time-Methods for Parabolic and Hyperbolic PDEs" (Organisation S. Sauter und O. Steinbach) vorschlagen.

Ausgewählte Aktivitäten von Ausschussmitgliedern im Jahr 2014:

- Winter School on „Hierarchical Matrices", MPI Leipzig, 24.2.-27.2.2014
  Organisation: W. Hackbusch, S. Börm, L. Grasedyck, R. Kriemann.
  http://www.mis.mpg.de/scicomp/winterschool/2014

- Swiss Numerics Day, Universität Zürich, 25.04.2014. Organisation: M. Chipot, S. Sauter. http://www.math.uzh.ch/conferences/index.php?snc14

- Oberwolfach-Workshop „Schnelle Löser für Partielle Differentialgleichungen", 11.5.-17.5. 2014. Organisation: R.E. Bank, L. Grasedyck, W. Hackbusch, G. Wittum.
  http://www.mfo.de/occasion/1420

- International Symposium of Applied Analysis, Universität Zürich, 10.6.-11.06.2014. Organisation: B. Brighi, A. Rougirel, S. Sauter. http://www.math.uzh.ch/index.php?konferenzdetails0&key1=356
  http://www.mfo.de/occasion/1247a

- 8th Summerschool 2014 on „Advanced Numerical Methods for Non-local Operators", ETH Zürich, 18.08.-22.08.2014. Organisation: R. Hiptmair, S. Sauter, Ch. Schwab.
  http://www.sam.math.ethz.ch/zss/zss14.php

- Oberwolfach-Workshop „Reactive Flows in Deformable, Complex Media", 21.9.-27.9.2014. Organisation: M. Gerritsen, J.M. Nordbotten, I.S. Pop, B. Wohlmuth.http://www.mfo.de/occasion/1439

- 12. Workshop on "Fast Boundary Element Methods in Industrial Applications", Söllerhaus, 25.9.-28.9.2014.Organisation: U. Langer, M. Schanz, O. Steinbach, W. L. Wendland.
  http://www.numerik.math.tu-graz.ac.at/tagungen

- International Conference on „Computational Methods in Applied Mathematics", Strobl, 28.9.-4.10.2014. Organisation: U. Langer. http://www.ricam.oeaw.ac.at/events/conferences/cmam6/

Zukünftige Aktivitäten von Ausschussmitgliedern:

- The 12th International Conference on Mathematical and Numerical Aspects of Wave Propagation „WAVES 2015", 20.6.-24.6.2015, Karlsruhe. Organisation: T. Arens, W. Dörfler, M. Hochbruck, A. Kirsch, W. Reichel. http://waves2015.math.kit.edu

Die Zielsetzungen des Ausschusses und die aktuelle Liste der Mitglieder finden Sie auf der Webseite des Fachausschusses http://gamm-sc.mathematik.uni-karlsruhe.de

JAHRESBERICHT 2014 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

DYNAMIK UND REGELUNGSTHEORIE


Achim Ilchmann


Rolf Findeisen

Dynamik und Regelungstheorie ist ein interdisziplinäres Gebiet, welches von Kollegen aus der Mathematischen Systemtheorie, der Regelungstechnik und der Nichtlineare Schwingungen studiert wird. Im Vordergrund steht das mathematische Verständnis der Dynamik bei Steuerungen und Regelungen, die in der Praxis zur Anwendung kommen.

Der Fachausschuss „Nichtlineare Schwingungen" ist Anfang der neunziger Jahre von Professor E. Kreuzer (TU Hamburg-Harburg) gegründet worden, zwischen 1996 und 1998 wurde der Fachausschuss umbenannt in „Dynamik und Regelungstheorie". Damit zeichnete sich auch eine inhaltliche Entwicklung ab: Stand erst die Dynamik nichtlinearer Systeme von den Kollegen aus der Schwingungstheorie im Vordergrund, so waren dann die Kollegen aus dem Bereich der Systemtheorie wesentlich beteiligt.

Der Fachausschuss wurde maßgeblich von Professor P. C. Müller (Bergische-Universität Wuppertal) geprägt, er war von 1993 – 2005 Vorsitzender.

Anschließend übernahmen den Vorsitz die Professoren F. Colonius (U Augsburg) von 2005 – 2007,
K. Schlacher (Johannes Kepler U Linz) 2007 – 2010,
A. Ilchmann (TU Ilmenau) seit 2010.

Das Hauptanliegen des Ausschusses ist die Kommunikation und Zusammenarbeit von WissenschaftlerInnen aus der Mathematik und den Ingenieurwissenschaften. Insbesondere ist uns die Integration jüngerer Kollegen wichtig. Dieses Ziel wird umgesetzt durch halbjährlich stattfindenden Workshops, an denen circa 25 Kollegen der Ingenieurwissenschaften und der Mathematik teilnehmen, und Doktoranden bis hin zu emeritierten Kollegen aktuellen Forschungsergebnisse und Ergebnisse, sowie auch Trends vorstellen.

Die Erweiterung des Ausschusses durch neue Mitglieder, insbesondere neu berufener KollegInnen, ist uns wichtig.

Weitere Auskünfte: http://www.tu-ilmenau.de/analysis/team/achim-ilchmann

Aktivitäten des FA 2014

GAMM-FA Workshops

- 13.02.-14.02.2014 an der U Augsburg mit 12 Vorträgen und 30 Teilnehmer; Organisatoren: F. Colonius und T. Stykel (U Augsburg) A. Ilchmann (TU Ilmenau), R. Findeisen (OvGU Magdeburg)

- 24.09.2014 in Anif (Österreich) gemeinsam mit GAMM-FA 1.30 und GAMM-FA 1.40
10 Vorträge, Organisatoren: A. Ilchmann (TU Ilmenau), R. Findeisen (OvGU Magdeburg)

- **GAMM-Jahrestagung 2014 an der Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg**
- Sektion S1 Multi-body dynamics, Organisatoren: Holger Lang (FAU Nürnberg) und Robert Seifried (U Stuttgart)

- Sektion S5 Nonlinear oscillations, Organisatoren: Michael Hanss (U Stuttgart) und Klaus Röbenack (TU Dresden)

- Sektion S20 Dynamics and control, Organisatoren: Karl Worthmann (TU Ilmenau) und Tilman Utz (U Ulm) und Sina Ober-Blöbaum (U Paderborn)

- Minisymposium: Optimal Control and Hybrid Systems Organisatoren: Stephan Trenn (Kaiserslautern) und Sina Ober-Blöbaum (U Paderborn)

- **Elgersburg Workshop** Mathematische Systemtheorie 2.-6.03.2014 in Elgersburg (Thüringen) mit über 50 Teilnehmern. Organisatoren: F. Colonius (Augsburg), A. Ilchmann (TU Ilmenau), E. Zerz (RWTH Aachen)

- **Elgersburg School** Mathematical Systems Theory 17.02.-22.03.2014 in Elgersburg (Thüringen) mit 36 Teilnehmern aus 10 Ländern. Vortragende: Andrew Teel (U of California, Santa Barbara): Hybrid Dynamical Systems and Stuart Townley (U of Exeter, UK): Mathematical Biology. Organisatoren: A. Ilchmann (TU Ilmenau), T. Reis (U Hamburg), F. Wirth (U Würzburg)

JAHRESBERICHT 2014 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

ANALYSIS VON MIKROSTRUKTUREN


Christian Miehe


Georg Dolzmann

Der Fachausschuss „Analyse von Mikrostrukturen" fördert die Modellierung, mathematische Analyse und numerische Simulation mikromechanischer Phänomene und ihrer makroskopischen Beschreibung in Mathematik, Physik, Ingenieur- und Materialwissenschaften. Viele Phänomene mit großem Anwendungspotential lassen sich nur durch ein vertieftes Verständnis der Interaktionen von Mechanismen auf unterschiedlichen Skalen erklären und vorhersagen. Dazu ist eine konsequente Zusammenarbeit von Ingenieuren und Mathematikern notwendig, um die vielseitigen Aspekte der Modellierung verstehen, moderne mathematische Methoden wie Gamma-Konvergenz, Relaxierung, Homogenisierung oder Phasenfeldmodelle anwenden und neuartige numerische Verfahren entwickeln zu können. Die Weiterentwicklung und Verfeinerung dieser Methoden werden im Fachausschuss durch koordinierte Forschungsplanung, sowie durch Seminare und Tagungen vorangetrieben.
Die auf der GAMM Jahrestagung 2014 in Erlangen beschlossene Wiedereinrichtung des Fachausschusses ermöglicht es, die in den letzten Jahren erfolgreich geschaffenen Forschungsstrukturen und Kooperationen zu erhalten und auszubauen, sowie durch eine gezielte Erweiterung der Thematik auf die sich rasch entwickelnde Forschungslandschaft zu reagieren. Als neue Mitglieder wurden Prof. Marc Geers (TU Eindhoven), Prof. Ben Schweizer (TU Dortmund), Prof. Paul Steinmann (U Erlangen-Nürnberg), Prof. Martin Wagner (TU Chemnitz) und Prof. Kerstin Weinberg (U Siegen) aufgenommen.
Im Jahr 2014 haben wir unsere Ziele durch zahlreiche Aktivitäten verfolgt, die von Mitgliedern des Fachausschusses und ihren Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen organisiert wurden. Beispielhaft seien die folgenden Tagungsaktivitäten genannt:

- 13. GAMM Seminar Mikrostrukturen, Ruhr-Universität Bochum, 17.1. - 18.1.2014, Organisatoren: K. Hackl, A. Mielke
- Young-Researcher Minisymposium „Variational Models in Elasticity and Plasticity", GAMM Jahrestagung, Erlangen, 10.3. - 14.3.2014, Organisatoren: M. Goldman, B. Zwicknagl
- „Second Seminar on the Mechanics of Multifunctional Materials", Physikzentrum Bad Honnef, 5.5. - 9.5.2014, Organisatoren: J Schröder, D. C. Lupascu, M.-A. Keip
- Minisymposium on „Microstructural Based Constitutive Models in Hard and Soft Matter Materials", World Conference on Computational Mechanics WCCM, Barcelona, 20.7. - 25.7.2014, Organisatoren: C. Miehe, S. Forest, C. Linder
- Summer School on „Applied Analysis for Materials", TU Berlin, 25.8. - 5.9.2014, mit eingebettetem Kurs „Multiscale modeling and evolutionary Gamma-convergence for gradient flows" von A. Mielke

Der Fachausschuss wirkte wieder aktiv bei der Auswahl der Plenary Speaker bei der GAMM Jahrestagung in Erlangen mit und konnte Pedro Ponte-Castaneda (University of Pennsylvania, USA) für einen Vortrag „Constitutive Theories for Magneto- and Electro-Active Composites at Finite Strain" gewinnen. Prof. Ponte-Castaneda erhielt einen Humboldt Forschungspreis auf Vorschlag von C. Miehe und K. Hackl und kooperiert im Rahmen eines einjährigen Forschungsaufenthalts mit Mitgliedern des Fachausschusses.

Für das nächste Jahr sind vielfältige Aktivitäten im Zusammenhang mit Themen des Fachausschusses geplant. Beispielhaft seien genannt:

- 14. GAMM Seminar Mikrostrukturen, Universität Regensburg, 16.1. - 17.1.2015, Organisatoren: G. Dolzmann, C. Kreisbeck, C. Miehe
- Euromech Colloquium 559 „Multiscale Computational Methods for Bridging Scales in Materials and Structures", Eindhoven, 23.2. - 25.2.2015, Organisatoren: V. Kouznetsova, J. Yvonnet, C. Miehe
- Internationale Tagung „Analysis and Computation of Microstructure in Finite Plasticity", Universität Bonn, 4.5. - 5.5.2015, Organisatoren: S. Conti, K. Hackl, S. Müller
- Nominiertes Minisymposium „Multi-Physics of Solids at Fracture", European Solid Mechanics Conference ESMC, Madrid, 6.7. - 10.7.2015, Organisatoren: C. Miehe, B. Schrefler

Schließlich weisen wir noch auf die folgende Monographie hin:

„Plasticity and Beyond - Microstructures, Crystal-Plasticity and Phase Transitions" mit den Editoren J. Schröder, K. Hackl als Volume 550 in der Serie „CISM International Centre for Mechanical Sciences" beim Springer Verlag erschienen.

JAHRESBERICHT 2014 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

STOCHASTISCHE OPTIMIERUNG IN DER TECHNIK

Thomas Vietor

Der GAMM Fachausschuss hat wie bereits in den vergangenen Jahren intensiv mit Arbeiten beschäftigt, die Streuungen bei der Optimierung technischer Produkte einbeziehen. Als technische Produkte wurde sich auf Anwendungen unterschiedlicher Mobilitätsträger aus der Mobilität beschränkt. Hier fanden Grundlagenuntersuchungen im BMBF Großvorhaben Forschungscampus OHLF statt. Die im vorherigen Jahr begonnenen Projekte wurden fortgeführt und ergänzt. Es wurde das BMBF geförderte Projekt MultiMak I durchgeführt, in dem Methoden für Multimaterialbauweisen erforscht werden. Ein wesentlicher Teil dieses Projekts ist die Erstellung von Vorgehensmodellen unter Berücksichtigung stochastischer Einflussgrößen. Dies wird weitergehend zur Weiterentwicklung stochastischer Optimierungsverfahren und deren Anwendung führen. Hier sind erste Lösungen erarbeitet und publiziert worden. Die Forschung in der OHLF ist auf 15 Jahre angelegt, im laufenden Jahr wurde die Beantragung der Hauptphase durchgeführt und bewilligt. Gleichzeitig das Projekt MultiMak II beantragt, dessen Start zu Beginn 2015 geplant ist.
Im Rahmen des Forschungscampus werden Bauweisen untersucht, die durch Multimaterialbauweisen zu neuen Möglichkeiten des Leichtbaus bei unterschiedlichen Verkehrssystemen (Strassen- und Schienenfahrzeug, Luftfahrzeug) mit grossen Stückzahlen führen. Hierzu wird die stochastische Optimierung in Kombination mit der Konstruktions- und Produktionstechnik zur Anwendung kommen und eine Weiterentwicklung erfahren.

Prof. Marti wurde in der Laufzeit des Fachausschusses pensioniert und schied Mitte des Jahres 2014 auf eigenen Wunsch aus der Leitung des Ausschusses aus.

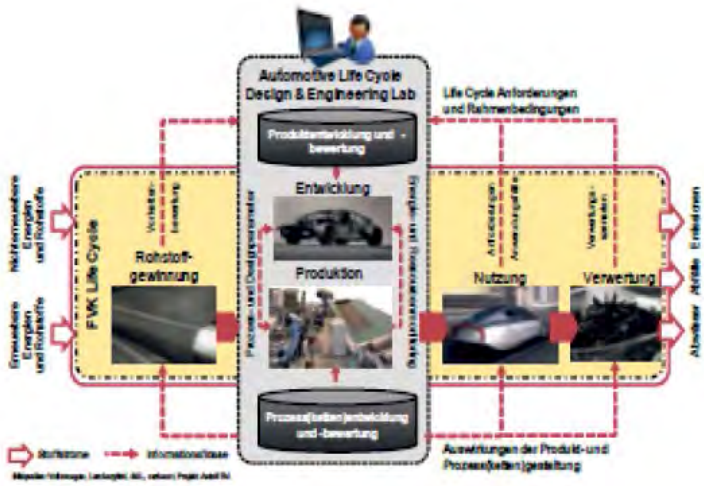
Es wurden folgende Konferenzen organisiert und durchgeführt:

Session Fahrzeugkonzepte auf dem 14. Internationalen Stuttgarter Symposium „Automobil und Motorentechnik" 18.-19.03.2014

Advanced Vehicle Energy Concepts and Structures for China (AVECS), 2nd Joint Symposium at Tongji-University, Oct. 23-24th, 2014, Shanghai, China mit Beteiligung der University of Ontario, Canada und Politecnico di Torino, Italy. Publikation geplant für Q1/2015.

Faszination Leichtbau, 19. und 20. Mai 2014 in Wolfsburg. http://www.faszination-leichtbau.de/

Publikation:
Vietor, Thomas; Zhang, Tong (eds.): Symposium Proceedings 2013, 1st Joint-symposium, Advanced Vehicle Structures and Infrastructures for China (AVSIC). ISBN: 978-3-9803363-4-5



Vorgehensmodell zur Anwendung von Multi Material Bauweisen in Verkehrsträgern.

JAHRESBERICHT 2014 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

MATHEMATISCHE SIGNAL- UND BILDVERARBEITUNG (MSIP)

Gitta Kutyiok

Gabriele Steidl

Gerlind Plonka-Hoch

Der Fachausschuss MSIP wurde im April 2012 ins Leben gerufen und hat zur Zeit bereits über 165
Mitglieder aus ca. 20 verschiedenen Ländern. Zur Förderung des Gebietes der “Mathematischen Signal- und Bildverarbeitung“, zur Unterstützung von Nachwuchswissenschaftlern/innen und zur Verbesserung von interdisziplinärer Forschung dient die Webseite www.math.tu-berlin.de/GAMM-MSIP als zentrale Kommunikationsplattform, neben u.a. einem regelmäßigen Newsletter und einem Job-Forum.

Im Jahr 2014 wurden von den Mitgliedern des Fachausschusses folgende Veranstaltungen organisiert:

- Sektion “Mathematical Image Processing”, Jahrestagung der GAMM 2014. Organisation: G. Plonka-Hoch (Göttingen) und J. Weickert (Saarbrücken).
- Minisymposium “Linear Algebra in Compressive Sensing“, Jahrestagung der GAMM 2014. Organisation: M. Fornasier (München).
- YR Minisymposium “ Multiscale Geometric Image Analysis“, Jahrestagung der GAMM 2013. Organisation: E. King (Bremen) and M. Storath (Lausanne).
- Annual GAMM-MSIP Workshop “Advances in Mathematical Image Processing”, Göttingen, 1.9.-3.9.2014. Organisation: G. Kutyniok (Berlin), R. Luke (Göttingen), G. Plonka-Hoch (Göttingen) und G. Steidl (Kaiserslautern).
- Joint GAMM ANLA-MSIP Workshop “Matrix Computations for Sparse Recovery“, TU Berlin, 9.4.-11.4.2014 zur Intensivierung der Zusammenarbeit dieser beiden Fachaus- schüsse. Organisation: P. Benner (Chemnitz) und G. Kutyniok (Berlin).
- First French-German Mathematical Image Analysis Conference, Paris, 13.-15.1.2014 zur Intensivierung der Zusammenarbeit mit den französischen Partnern. Organisation: J. Fadili (Caen), G. Kutyniok (Berlin), G. Peyre (Paris-Dauphine), G. Plonka-Hoch (Göttingen), G. Steidl (Kaiserslautern).

Mitglieder des Fachausschusses waren zusätzlich an der Organisation diverser weiterer Tagungen, Workshops und Minisymposien - zum Teil federführend - beteiligt, u.a. bei der SIAM Conference on Imaging Science, dem Special Semester „New Trends in Calculus of Variation“ am RICAM Linz und der Gedenkkonferenz für Prof. Dr. Bernd Fischer.

Des Weiteren wurden Wahlen für den nächsten Vorstand des Fachausschusses durchgeführt. Hierbei wurde G. Kutyniok (Berlin) als Vorsitzende und M. Burger (Münster) als Stellvertreter gewählt. Während der Jahrestagung der GAMM 2014 wurde Frau G. Kutyniok (Berlin) als Mitglied des Vorstandsrates gewählt. Alle Amtszeiten beginnen am 1.1.2015. Ferner wurde M. Storath (Lausanne) durch den Titel eines GAMM Junior geehrt.

Für das Jahr 2015 sind u.a. bereits folgende Aktivitäten geplant:

- Mecklenburg Workshop “Approximation Methods and Function Spaces“, Hasenwinkel, 16.-20.3.2015. Organisation: A. Hinrichs (Rostock), J. Prestin (Lübeck), T. Ullrich (Bonn).
- 2. Intl. MATHEON-Conference “Compressed Sensing and its Applications“, TU Berlin, 7.12.-12.12.2015. Organisation: H. Boche (München), G. Caire (Berlin), R. Calderbank (Durham, USA), G. Kutyniok (Berlin, and R. Mathar (Aachen). Webseite: http://www3.math.tu-berlin.de/ numerik/csa2015
- Sektion “Mathematical Signal and Image Processing”, Jahrestagung der GAMM 2015. Organisation: B. Berkels (RWTH Aachen), S. Kunis (Osnabrück), and B. Vinti (Perugia).
- YR Minisymposium “ Co-/Sparsity, Inverse Problems and Compressive Imaging”, Jahrestagung der GAMM 2015. Organisation: S. Petra (Heidelberg) and A. Weinmann (München).

Zusätzliche Informationen zu diesen und weiteren Aktivitäten des Fachausschusses sind auf der Seite www.math.tu-berlin.de/GAMM-MSIP zu finden. Bei Interesse laden wir jeden herzlich dazu ein Mitglied zu werden.

JAHRESBERICHT 2014 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

PHASENFELDMODELLIERUNG

Ralf Müller

Phasenfeldmodelle erfreuen sich einer zunehmenden Beliebtheit bei der Modellierung nicht nur von Phasenübergängen, sondern auch in der Bruchmechanik, der Biomechanik und der Mikromechanik. Neben den vielfältigen Modellierungsansätzen gibt es eine Reihe mathematischer Fragestellungen, die untersucht werden. Der Fachausschuss zur Phasenfeldmodellierung setzt sich damit interdisziplinär aus Vertretern der Materialwissenschaften, der Mathematik und der Mechanik zusammen. Um dem interdisziplinären Forschungsbedarf gerecht zu werden, wurde auf der GAMM-Jahrestagung 2013 der Fachausschuss gegründet und im Sommer fand eine konstituierende Sitzung statt. Der Fachausschuss wird seither von Herrn Prof. Ralf Müller (TU Kaiserslautern) und Herrn Prof. Bernd Markert (RWT Aachen) geleitet. Das „1st GAMM Seminar on Phase Field Models" fand vom 6.-8. Februar 2014 an der TU Darmstadt statt und wurde von Herrn Prof. Hans-Dieter Alber organisiert. Während des Seminars wurde entschieden, Beiträge des ersten Seminars im Rahmen einer Sonderedition in der Zeitschrift „Continuum Mechanics and Thermodynamics" herauszugeben. Aktuell findet die Einreichung und Begutachtung der Beiträge statt. Auf der GAMM-Jahrestagung 2015 wird von den Nachwuchswissenschaftlern Jun. Prof. Charlotte Kuhn (TU Kaiserslautern) und Jan Gieselmann (Universität Stuttgart) ein „Young Researcher Minisymposium" veranstaltet. Der Termin für das „2nd GAMM Seminar on Phase Field Models" ist der 4.-5. Februar 2015. Das Seminar wird von Frau Prof. Kerstin Weinberg an der Universität Siegen ausgerichtet.
Aktuelle Informationen unter: mv.uni-kl.de/ltm/fa-pfm

Teilnehmer des „1st GAMM Seminar on Phase Field Models"

JAHRESBERICHT 2014 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

COMPUTATIONAL SCIENCE AND ENGINEERING (CSE)


Ulrich Rüde


Oliver Röhrle


Barbara Wohlmuth

Der Fachausschuss „Computational Science and Engineering“ initiierte auch im 2. Jahr seines Bestehens neue Aktivitäten. Im Rahmen der Jahrestagung der GAMM in Erlangen fand am 12. März 2014 die diesjährige Mitgliederversammlung des FA CSE statt, die von Ulrich Rüde, Barbara Wohlmuth und Oliver Röhrle geleitet wurde. Bei der gut besuchten Veranstaltung wurden Aktivitäten des Jahres 2013, z.B. der von Ursula van Rienen und Dirk Hecht organisierte Workshop „Education in CSE“ und die Einrichtung eines Arbeitskreises (Vorsitzender Manfred Krafczyk, Ulrich Rüde) vorgestellt und neue Aktivitäten diskutiert und geplant. Um die Vielfalt des Fachausschusses CSE zu würdigen und neue Impulse zu setzen, würden wir uns freuen wenn sich in 2015 ein neues Leitungsgremium bildet.
Außerdem organisierte die Lothar Collatz School for Computing in Science vom 26.-28. März 2014 in Plön den Workshop „Recent Trends and Future Developments in Computational Science and Engineering.“
Vom 4.-6. August fand ein Workshop zum Thema „Future Directions in CSE Education and Research“ in Breckenridge, Colorado, USA statt. Dieser Workshop wurde von der SIAM gemeinsam mit der European Exascale Software Initiative organisiert. Mehrere Mitglieder des GAMM Fachausschusses CSE konnten teilnehmen.
Zum Jahresende fand vom 1.-3. Dezember 2014 in Heidelberg der Workshop „Numerical Methods for High-Performance Computers“ mit zahlreichen eingeladenen, international renommierten Hauptvortragenden statt. Der Workshop wurde von Peter Bastian organisiert und ist Teil des DFG-Schwerpunktprogramms 1648 „Software for Exa-Scale Computing“.
Als Ausblick für 2015 möchten wir noch gerne darauf hinweisen, dass vom 14-18. März 2015 die SIAM Conference on Computational Science and Engineering in Salt Lake City, Utah, USA, stattfinden wird. Wie bei der letzten SIAM CSE, werden wir auch dieses Mal wieder ein Treffen des GAMM FA CSE dort organisieren.
Die Bedeutung der simulationsorientierten Forschung, also ein zentrales Anliegen des Fachausschusses CSE, wird in einem aktuellen Positionspapier des Wissenschaftsrates aufgegriffen, der im Internet heruntergeladen werden kann: www.wissenschaftsrat.de/download/archiv/4032-14.pdf.

JAHRESBERICHT 2014 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

ANGEWANDTE UND NUMERISCHE LINEARE ALGEBRA (ANLA)


Andreas Frommer

Der jährliche Workshop des Fachausschusses fand dieses Jahr vom 14.-16. Juli in Barcelona statt und wurde gemeinsam mit der spanischen Partnerorganisation ALAMA (Álgebra Lineal, Análisis Matricial y Aplicaciones) organisiert. Der Workshop wurde Juan-Miguel Gracia (Universidad del País Vasco, Spanien) gewidmet. Weitere eingeladene Sprecher waren Maria Bras (Universitat Rovira i Virgili, Spanien), der ILAS-Lecturer Geir Dahl (Universitetet i Oslo, Finnland), Melina Freitag (University of Bath, UK) sowie Volker Grimm (KIT). Unser Fachausschuss ist auch innerhalb der GAMM bestrebt, thematische Kooperationen auf- und auszubauen. So fand vom 9.-11. April 2014 der von den GAMM-Fachausschüssen ANLA und MSIP gemeinsam organsierte Workshop „Matrix Computations for Sparse Recovery“ an der TU Berlin statt. Die Organisatoren waren Peter Benner (MPI Magdeburg) und Gitta Kutyniok (TU Berlin); die eingeladenen Sprecher waren David Gross (Univesität Freiburg), Reinhold Schneider (TU Berlin), Thomas Strohmer (UC Davis, USA) und Joel Tropp (CalTech, USA). Der nächste GAMM-ANLA Workshop wird vom 9.-10. Juli in Madgeburg von unseren Kollegen am MPI für Dynamik komplexer technischer Systeme organisiert; vom 6.-9. Mai 2015 findet in Berlin die Konferenz Numerical Algebra, Matrix Theory, Differential-Algebraic Equations, and Control Theory anlässlich des 60. Geburtstags von Volker Mehrmann statt, organisiert von den Fachausschuss-Mitgliedern Peter Benner, Joerg Liesen, Christian Mehl, Reinhard Nabben, Lena Scholz und Andreas Steinbrecher.

JAHRESBERICHT 2014 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

ANGEWANDTE OPERATORTHEORIE


Birgit Jacob


Carsten Trunk

Der Fachausschuss Angewandte Operatortheorie fördert die Kommunikation und Zusammenarbeit von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, deren Arbeitsgebiet in der Anwendung und Theorie von operatortheoretischen Methode liegt. Ein Hauptanliegen ist die Weiterentwicklung und Vertiefung operatortheoretischer Methoden in Hinblick auf ihre effiziente Umsetzung und Anwendbarkeit in konkreten physikalischen und ingenieurwissenschaftlichen Problemstellungen. Besonderen Wert legt der Fachausschuss auch darauf, Operatortheorie und ihre Anwendungen für junge Wissenschaftler attraktiv zu machen.
Aktivitäten des Fachausschusses 2014:

- Tagung „Workshop on Port-Hamiltonian Systems: Approximations, Theory and Practice“, März 2014, Lorentz Center Leiden (Niederlande). Organisation: B. Jacob (Wuppertal) und H. Zwart (Twente).
- Sektion „Angewandte Operatortheorie“, Jahrestagung der GAMM 2014. Organisation: M. Hieber (Darmstadt) und C. Tretter (Bern).
- Workshop „Spectral Problems on Shrinking Domains“, Mai 2014, Gregynog Hall, University of Wales (UK). Organisation: J. Behrndt (Graz), B.M. Brown (Cardiff) und O. Post (Durham).
- Workshop „Modern aspects of the Titchmarsh-Weyl m-function and its multidimensional analogues“, Juni 2014, Mittag-Leffler Institut, Stockholm. Organisation: J. Behrndt (Graz), B.M. Brown (Cardiff) und D. Evans (Cardiff)
- Tagung „25th International Workshop on Operator Theory and its Applications (IWOTA 2014)“, Juli 2014, Amsterdam, Organisation: T. Eisner (Leipzig), B. Jacob (Wuppertal), A. Ran (Amsterdam) und H. Zwart (Twente)
- Workshop „Linear Relations and Extension Theory“, September 2014, Obergurgl Conference Center (Österreich). Organisation: J. Behrndt (Graz), C. Trunk (Ilmenau) und H. Woracek (Wien)

Geplante Aktivitäten des Fachausschusses 2015:

- Workshop „Spectral Theory and Weyl Functions“, Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach, January 2015, Organisation: J. Behrndt (Graz), B.M. Brown (Cardiff), M. Plum (Karlsruhe), C. Tretter (Bern).
- Sektion „Angewandte Operatortheorie“, Jahrestagung der GAMM 2015. Organisation: P. Aiena (Palermo), F. Philipp (TU Berlin), M. Wojtylak (Cracow).
- Sitzung des Fachausschusses Angewandte Operatortheorie, Mai 2015, Budapest. Organisation: A. Batkai (Budapest).
  Organisation: B. Jacob (Wuppertal), J. Behrndt (Graz), C. Trunk (Ilmenau) und C. Tretter (Bern)

JAHRESBERICHT 2014 DES GAMM-FACHAUSSCHUSSES

MEHRSKALENMODELLE


Holger Steeb


Stefan Diebels

Der Fachausschuss „Mehrskalenmodelle“ dient als Diskussions- und Austauschplattform für Mechaniker, Mathematiker und Materialwissenschaftler, die auf dem Gebieten der Homogenisierung und mehrskalenbasierten Materialmodellierung theoretisch und numerisch arbeiten. Der Fachausschuss widmet besondere Aufmerksamkeit auf die Vermittlung von Kenntnissen in mehrskaligen und mikromechanischen Simulationsmethoden an junge Nachwuchswissenschaftler.
Unter aktiver Beteiligung, vor allem junger Wissenschaftler, fand bereits das 8. GAMM Seminar des Fachausschusses „Multiscale Material Modeling“, organisiert von Frau Prof. Swantje Bargmann und Dr. Benjamin Klusemann vom 3.-4. Juli 2014 an der TU Hamburg-Harburg statt. Der Workshop widmete sich u. A. aktuellen Fragestellungen zur Dimensionierung und Optimierung von Bauteilen und Werkstoffen auf der Basis moderner Mehrskalenmethoden.
Für die Zukunft ist eine stärkere thematische Fokussierung der jährlichen Treffen auf aktuelle wissenschaftliche Fragestellungen wie z.B. Simulationen auf Real- bzw. Tomographiedaten, Modellreduktionsverfahren oder skalenseparationsfreie Methoden geplant. Wer Interesse hat sich bei diesem Fachausschuss einzubringen ist jederzeit herzlich willkommen!

GAMM JUNIORS 2012-2014

Im Jahr 2011 entschied die GAMM zur Stärkung der bestehenden Strukturen eine Juniorvertretung einzuführen. Dazu sind die GAMM Repräsentanten aufgerufen, jährlich ausgezeichnete Nachwuchswissenschaftler zu nominieren. Ohne konkrete Zielvorgaben wurden die ersten zehn GAMM Juniors im Februar 2012 in die selbstständige Gremienarbeit entlassen. Mit einer gesunden Portion jugendlicher Dynamik wurde ein Selbstverständnis der neu zugeteilten Rolle entwickelt sowie Organisationsstrukturen geschaffen.
Seither treffen sich die Juniors zweimal im Jahr und diskutieren dabei u.a. mit etablierten GAMM Mitgliedern. Die ausgearbeiteten Ideen und Innovationskonzepte werden beim jährlichen Treffen des Zukunftsausschusses eingebracht, zum Beispiel:

- Das Thema Kinderbetreuung wurde ins Pflichtenheft zur Organisation zukünftiger GAMM Jahrestagungen aufgenommen.
- Einführung einer Postersession bei den GAMM Jahrestagungen
- Abschaffung der zwei-Unterschriften-Regelung für die Aufnahme in die GAMM
- Gestaltung einer unabhängigen Internetpräsenz www.gamm-juniors.de
- Organisation der Workshops Deskriptor 2013, WORM 2013 und WORM 2014
- Organisation der SAMM 2014 (Schools on Applied Mathematics and Mechanics) „DAEs – Modelling, Fundamentals, and Control“

Zudem ist es uns ein Anliegen, Entscheidungsprozesse in der GAMM transparenter und effizienter zu gestalten. Des Weiteren haben sich innerhalb der Juniors interdisziplinäre Forschungskooperationen ergeben, beispielsweise im Rahmen Netzwerks CoSiMOR. Um den fachlichen Austausch zu forcieren, sind wissenschaftliche Diskussionen in die Junior Treffen integriert.

F. Fritzen (Sprecher bis März 2013),
K. Worthmann und S. Schöps
(Sprecher und stellvertretender Sprecher seit April 2013),

Autor: R. Altmann

GAMM-JUNIORS SAMM 2015

The series of SAMM
(Summer Schools in Applied Mathematics and Mechanics annually organized by GAMM-Juniors) aims at fostering the exchangebetween young scientists in mechanical engineering and applied athematics
by providing insight into recent developments and novel methods in a current research topic of interdisciplinary interest.

The SAMM 2015 is devoted to the modeling, analysis and simulation of materials withdiscontinuities caused by dissipative processes such as phase transition or separation processes, plastification, damage and fracture. The school will give an overview on thermodynamical modeling, mathematical solution concepts and numerical schemes for dissipative processes, minimization problems for functions of bounded variation, and phase field models.

Lecturers:
Helmut Abels (U Regensburg), Sören Bartels (U Freiburg), Dorothee Knees (U Kassel), Christian Miehe (U Stuttgart)

The SAMM 2015 will take place at the University of Stuttgart (Germany) September 07-11, 2015 and consists of five days of lectures. There will be no participation fee but registration is mandatory.
The number of participants is limited to 60.

Organizers:
Jan Giesselmann (U Stuttgart), Marita Thomas (Weierstrass Institute Berlin)

More information on: http://www.wias-berlin.de/workshops/SAMM2015/

GAMM JUNIORS – SAMM (SCHOOL ON APPLIED MATHEMATICS AND MECHANICS) 2014

Vom 14. bis 20. September diesen Jahres fand die erste GAMM Juniors Sommerschule zum Thema „Differential-Algebraic Equations (DAEs) – Modelling, Fundamentals, and Control“ statt.

Während es vormittags jeweils 2 Vorlesungen gab, tüftelten die 22 Teilnehmer nachmittags an den gestellten Übungsaufgaben, die direkt im Anschluss diskutiert wurden. Dabei begannen die Dozenten Dr. Thomas Berger (GAMM Junior) und Jun.-Prof. Dr. Stephan Trenn mit einer Motivation sowie einigen Vorlesungen zu den Grundlagen differential-algebraischer Gleichungen bevor die Gastsprecher Prof. Dr. Mehrmann (TU Berlin) und Prof. Dr. Simeon (TU Kaiserslautern) mit Spezialvorlesungen über Optimalsteuerung bzw. Mehrkörpersysteme weiteren Input lieferten. Abschließend referierten die Dozenten über ihre Forschungsschwerpunkte aus der Regelungstheorie wie zum Beispiel geschaltete DAEs.

Abgerundet wurde das Programm für die aus Ägypten, Deutschland, Italien, Kanada, Österreich und Schweden angereisten Teilnehmer mit einem Ausflug zum Kickelhahn, auf dem Goethe sein berühmtes Gedicht „Wandrers Nachtlied“ geschrieben hat. Besonders bedanken möchten sich die Organisatoren Jun.-Prof. Dr. Sebastian Schöps und Jun.-Prof. Dr. Karl Worthmann bei der Ernst-Abbe und der Dr. Klaus Körper Stiftung für die finanzielle Förderung der Veranstaltung ohne die eine solch internationale Ausrichtung nicht möglich gewesen wäre.

SAMM

University of Stuttgart
Germany

WIAS
Weierstrass Institute for Applied Analysis and Stochastics

WISSENSCHAFTLICHE VERANSTALTUNGEN

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

Tagungsjahr 2015

GAMM Annual Meeting
23.-27.03.2015 Lecce, Italy
http://conference.unisalento.it/ocs/index.php/gamm/gamm2015

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Uncertainty Quantification
http://www.numhpc.org/AGUQ

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

IUTAM
International Unionof Theoretical and Applied Mechanics
http://www.iutam.net

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

EUROMECH
European Mechanics Society
http://www.euromech.org

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

MFO
Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach
http://www.mfo.de

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

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

Foto: Peter Ulrich Hein