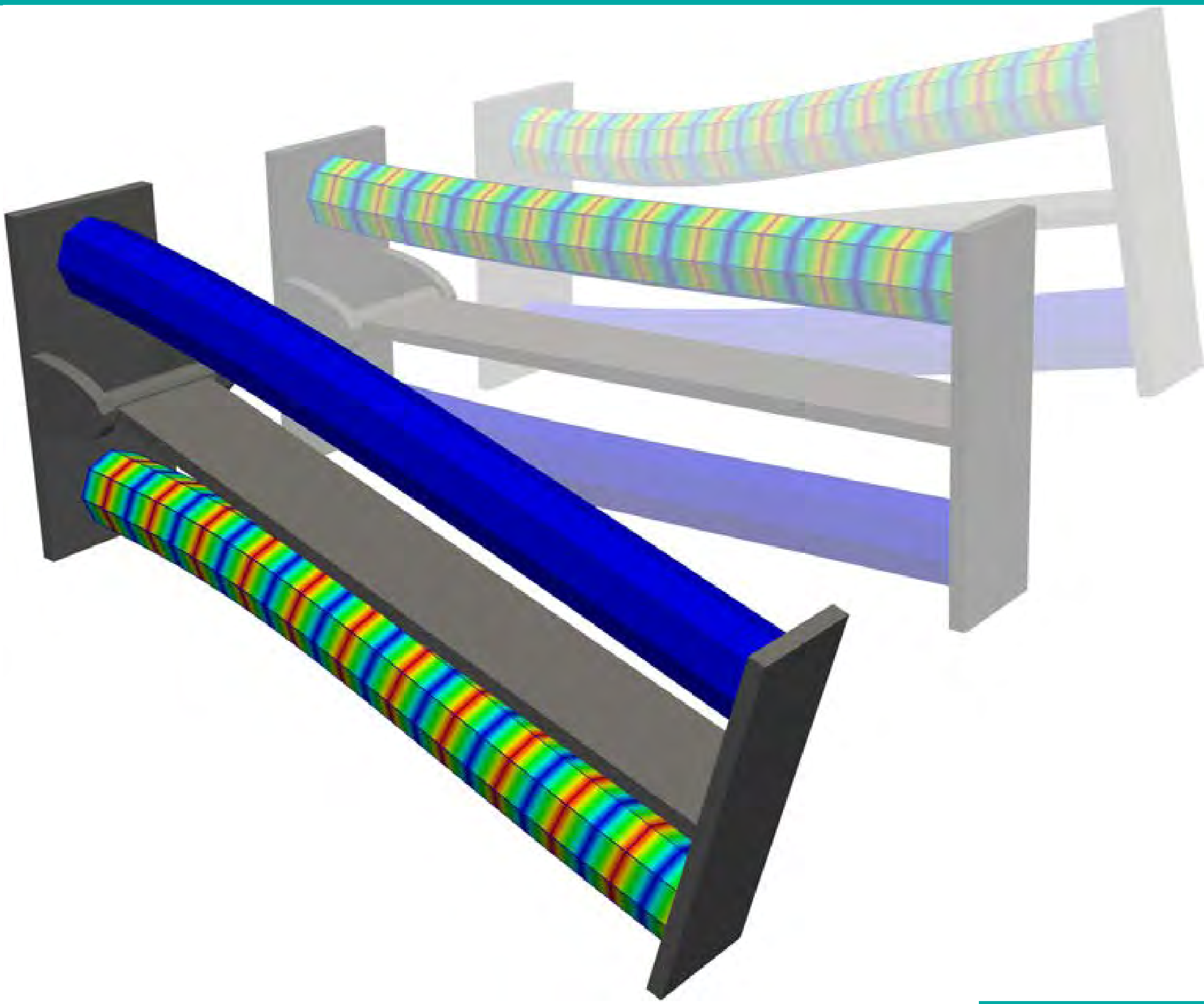
RUNDBRIEF

GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE MATHEMATIK UND MECHANIK



AUS DEM INHALT:

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

2/2017

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

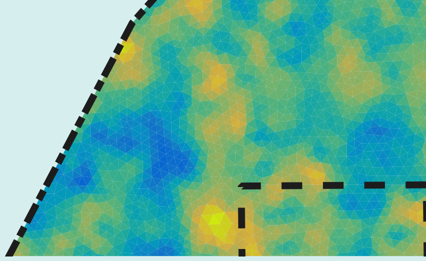
Anzeigenverwaltung
GAMM Geschäftsstelle
c/o Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Kaliske
Institut für Statik und Dynamik der Tragwerke
Fakultät Bauingenieurwesen
Technische Universität Dresden
01062 Dresden
Tel.: +49 (0)351 / 46333448
E-Mail: GAMM@mailbox.tu-dresden.de

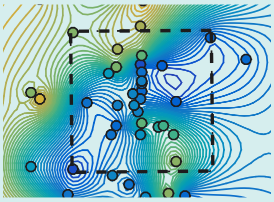
Gestaltung:
Dr. Hein Werbeagentur GmbH, Köln
www.heinagentur.de
Peter Liffers, Dortmund
www.liffers-webdesign.de

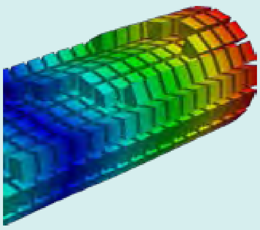
Druck:
Bauer & Frischluft Werbung GmbH
Gutenbergstr. 3
84069 Schierling
Tel.: +49 9451 943024
Fax.: +49 9451 1837
E-Mail:sr@bauer-frischluft-werbung.de
www.bauer-frischluft-werbung.de

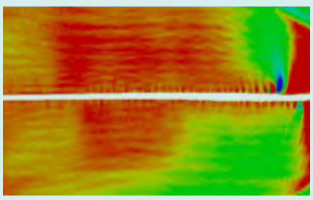
ISSN 2196-3789

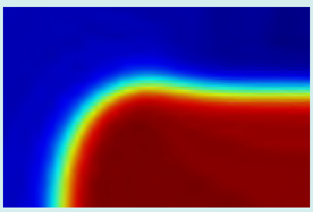
INHALT

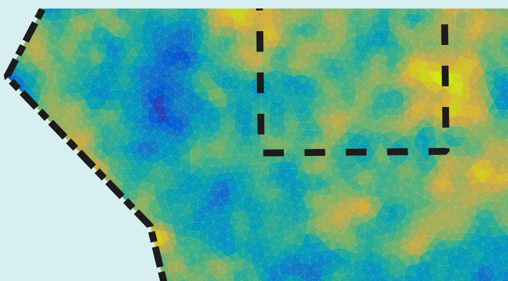












LIEBE LESERIN, LIEBER LESER,

LIEBE GAMM-MITGLIEDER,

in der zweiten Ausgabe des GAMM Rundbriefs 2017 schauen wir auf das Zusammentreffen von Wissenschaftler*innen aus der angewandten Mathematik und Mechanik während der 88. GAMM Jahrestagung in Weimar zurück. Über 900 Teilnehmer machten die Tagung zu einem vollen Erfolg, deren Programm neben Hauptvorträgen und Minisymposia über 700 Vorträge in 23 Sektionen umfasste. Die Kollegen Carsten Könke und Carsten Trunk berichten in dieser Ausgabe ausführlich über die Veranstaltung. Die Eröffnungsrede unserer Präsidentin Heike Faßbender und ihr Bericht zur Hauptversammlung in Weimar 2017 sind ebenfalls in dieser Ausgabe nachzulesen. Erstmalig fand die „Young Academics in Applied Mathematics and Mechanics (YAMM)“ Session, organisiert durch die GAMM Juniors, statt. Der Erfolg dieser Veranstaltung lässt sich an der großen Teilnehmeranzahl aus den Reihen der Wissenschaftler*innen und Nachwuchswissenschaftler*innen ablesen, sodass eine Fortsetzung der YAMM-Session auf der kommenden Jahrestagung geplant ist.
An dieser Stelle möchten wir herzlich den Organisatoren, der TU Ilmenau und der Bauhaus Universität Weimar sowie allen Unterstützern für die gelungene Konferenz danken. Im nächsten Jahr lädt die TU München vom 19. bis 23. März zur 89. GAMM Jahrestagung ein.
Die Leitartikel dieser Ausgabe wurden von Oliver Ernst zum Thema „Quantifizierung von Unsicherheit - Propagation und Inferenz" sowie von Sigrid Leyendecker, Tristan Schlögl und Theresa Wenger zu dem Thema „Strukturerhaltende Simulation und Optimalsteuerung gekoppelter Systeme“ verfasst.
Im ersten Artikel thematisiert Oliver Ernst das interdisziplinäre Forschungsgebiet der Quantifizierung von Unsicherheit. Dieses Themengebiet ist seit einigen Jahren von gesteigertem Interesse, was unter anderem auf die steigende Verfügbarkeit von Rechenkapazitäten zurückzuführen ist. Diese ist unabkömmlich um die Aufgaben im Bereich der Datenakquise und der Auswertung der algebraischen Gleichungssysteme zu bewältigen. Der Beitrag modelliert am Beispiel von Grundwasserströmung um ein radioaktives Endlager die Eingangsgröße der hydraulischen Leitfähigkeit als Zufallsfeld, welches durch Karhunen-Loeve Entwicklungen darstellbar ist. Darüber hinaus erläutert der Autor anhand des Bayesschen Formalismus' die Möglichkeit, das Wahrscheinlichkeitsmaß der zufälligen Eingangsgröße durch Beobachtung der Lösung zu verbessern.
Der zweite Artikel befasst sich mit der strukturerhaltenden Simulation und Optimalsteuerung gekoppelter Systeme. Eine potentielle Anwendung dieser Steuerung findet sich in der Simulation künstlicher Muskeln. Der Beitrag erörtert die Grundlagen der variationellen Integration und die Übertragbarkeit auf das elektromechanisch gekoppelte System. Die numerischen Beispiele zeigen die Strukturerhaltung aufgrund des Zeitintegrators und das Potential zur Anwendung in humanoiden Robotern auf. Das dargestellte Modell wird durch eine Optimalsteuerung ergänzt, sodass im diskutierten Beispiel möglichst schnell ein stationärer Zustand erreicht wird. Andere Zielfunktionen könnten etwa eine gute Energieeffizienz oder eine möglichst schnelle Bewegung sein.
In dieser Ausgabe stellen sich Jun.-Prof. Dr.-Ing. Charlotte Kuhn, tätig an der Technischen Universität Kaiserslautern, und Dr. Tobias Breiten, Assistenzprofessor an der Karl-Franzens-Universität Graz vor.
Herzlich gratulieren wir den Preisträgern des diesjährigen Richard-von-Mises Preises. Die Laudationen auf Benjamin Klusemann von Bob Svendsen und auf Christian Kuehn von Anton Arnold sind in dieser Ausgabe nachzulesen.
Für weitere Anregungen zur Gestaltung des GAMM-Rundbriefs und zur Einsendung von Beiträgen und Steckbriefen schicken Sie bitte eine E-Mail an klawonn@math.uni-koeln.de (Mathematik) oder an j.schroeder@uni-due.de (Mechanik).

Wir wünschen Ihnen viel Freude beim Lesen.

Essen und Köln im August 2017,

Jörg Schröder und Axel Klawonn

QUANTIFIZIERUNG VON UNSICHERHEIT

PROPAGATION UND INFERENZ

VON OLIVER ERNST

Uncertainty Quantification

Uncertainty Quantification (UQ), zu Deutsch Quantifizierung von Unsicherheit (besser: Ungewissheit) bezeichnet ein interdisziplinäres Forschungsgebiet mit dem Ziel, Eingangsdaten technisch-wissenschaftlicher Berechnungen, welche starker Variabilität unterworfen bzw. nur unvollständig bekannt sind, quantitativ bemessen und deren Einfluß auf relevante *Zielgrößen,* sogenannten *quantities of interest,* bestimmen zu können. Dabei liegt der Hauptaugenmerk auf mathematischen Modellen, welche aus Differentialgleichungen bestehen. Neben *Verifikation* und *Validierung* [40] stellt UQ eine unverzichtbare Qualitätssicherungsmaßnahme bei der Bewertung von Simulationsergebnissen dar. Seit Erscheinen des ersten UQ-Beitrags [35] im GAMM-Rundbrief 1/2010 hat sich das Gebiet rasant entwickelt: neben der GAMM hat auch SIAM eine Activity Group UQ eingerichtet, letztere organisiert seit 2012 im Zweijahresrhythmus eine internationale UQ-Konferenz, welche zuletzt 2016 in Lausanne über 800 Teilnehmer aus numerischer Mathematik, Stochastik sowie den Ingenieur-, Natur- und Sozialwissenschaften anzog. Neben der Allgegenwart von Unsicherheit in Natur-, Ingenieur- und Sozialwissenschaften ist die dynamische Entwicklung von UQ sicherlich auf die Verfügbarkeit von Rechenkapazität, numerischen wie statistischen Verfahren sowie bisher nie dagewesene Möglichkeiten der Datenakquise zurückzuführen.

Ein für Mathematiker wie Anwender ungewohnter Aspekt der UQ besteht in der Modellierung von Unsicherheit. Geht etwa eine unsichere skalare Größe in ein Modell ein, für die nur ein Schwankungsbereich bekannt ist, so besteht die klassische Vorgehensweise darin, diese Unsicherheit zu ignorieren und die entsprechende Größe durch einen Nominalwert zu repräsentieren, was bei kleinem Schwankungsbereich sicherlich vertretbar ist.

Werden die Schwankungen größer, so kann man bei konservativem Vorgehen den vollständigen Wertebereich der Zielgröße bestimmen, wenn die Eingangsgröße ihren vollständigen Schwankungsbereich durchläuft. Dieses als *worst-case Analyse* bekannte Vorgehen führt auf Methoden der Intervallarithmetik [37] oder der konvexen Analysis [6, 27] und ist auch aus der robusten Optimierung bekannt. Ist hingegen mehr Information über die Eingangsgröße verfügbar, etwa eine Wahrscheinlichkeitsverteilung auf dem Schwankungsbereich, so ergibt sich auch für die Zielgröße eine Wahrscheinlichkeitsverteilung, welche deren Unsicherheit vollständig charakterisiert. Dieser Ansatz bietet sich insbesondere bei unbeschränktem Schwankungsbereich an. Eine solche Wahrscheinlichkeitsverteilung kann eine Eingangsgröße beschreiben, die tatsächlich Zufallscharakter hat, wie etwa die Windlast an einem Gebäude oder der Zerfallszeitpunkt eines radioaktiven Isotops. Oft jedoch beschreibt eine solche Verteilung lediglich fehlendes Wissen über eine ansonsten deterministische Eingangsgröße, etwa die ortsabhängige hydraulische Durchlässigkeit in einem Aquifer. Man spricht hier in der Stochastik von *objektiver* gegenüber *subjektiver Wahrscheinlichkeit*, und in der UQ von *aleatorischer* gegenüber *epistemischer Unsicherheit* [19, 30]. Die Angabe einer Verteilung erfordert erheblich mehr an Vorabinformation über die Eingangsgröße als die bloße Angabe eines Nominalwertes oder Bereiches. Zu deren Ermittlung existiert eine große Palette an Methoden von Statistik bis zur systematischen Einholung von Expertenwissen [38, Kap. 7], [36].

Fallbeispiel: Grundwasserströmung um radioaktives Endlager WIPP

Wir betrachten verschiedene UQ-Aufgabenstellungen anhand eines Fallbeispiels, das vom Transport radioaktiver Substanzen in einer Grundwasser leitenden Gesteinsschicht oberhalb eines unterirdischen Endlagers für radioaktive Abfälle handelt. Ähnliche Szenarien werden bei der Zertifizierung solcher Endlager analysiert, in diesem Fall das seit 1999 durch die US-Regierung betriebene Endlager *Waste Isolation Pilot Plant (WIPP)* in 660 m Tiefe nahe der Stadt Carlsbad im Bundesstaat New Mexico. Für den angenommenen Fall, dass in ferner Zukunft nach Verschluss des Endlagers durch Bergbautätigkeit dessen Barrieren verletzt würden, interessiert als Zielgröße die Zeitdauer, bis radioaktive Substanzen durch Grundwassertransport in die Biosphäre gelangen.

Akzeptiert man als mathematisches Modell einphasige Darcy-Strömung in der dünnen horizontalen leitenden Schicht oberhalb von WIPP (vgl. Abbildung 1), so stellt die nur an wenigen Bohrlöchern gemessene ortsveränderliche hydraulische Leitfähigkeit des Grundwasserleiters die unsichere Eingangsgröße dar. Bei gegebener Wahrscheinlichkeitsverteilung der hydraulischen Leitfähigkeit besteht nun die Aufgabe darin, die Verteilung der Durchlaufzeit eines an gegebener Stelle austretenden Partikels zu bestimmen. Die Aufsichtsbehörde EPA verlangt, die Sicherheit des Endlagers für mindestens 10 000 Jahre nachzuweisen.

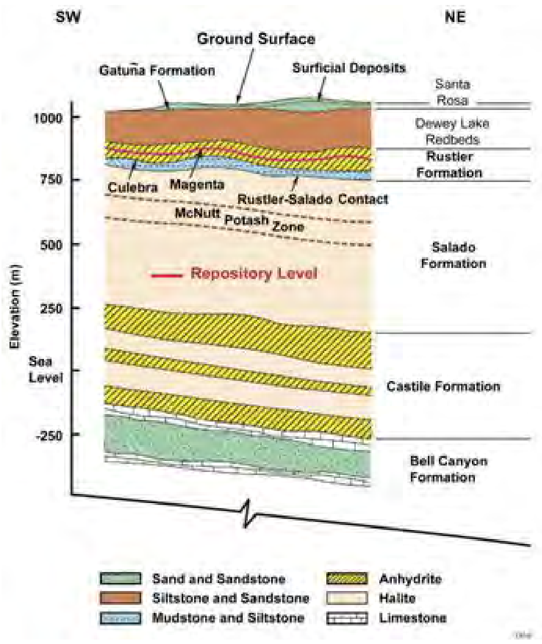


Abb. 1: Vertikaler Schnitt der Geologie um WIPP (aus [7]).

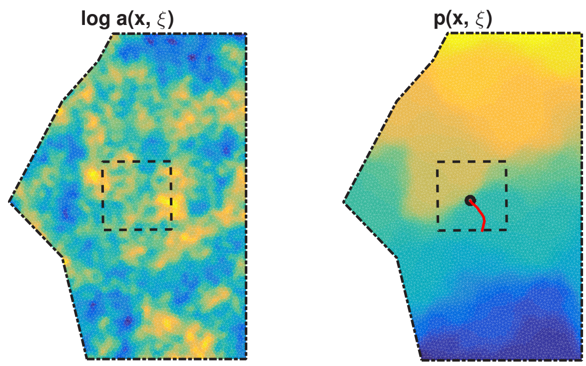


Abb. 2: Realisierung der hydraulischen Log-Leitfähigkeit, zugehöriges hydraulisches Potential mit Partikeltrajektorie.

Zur Modellierung der Unsicherheit in der hydraulischen Leitfähigkeit wird diese als *Zufallsfeld* $a = a(x, \omega)$ beschrieben, wobei $x \in D$ die Ortskoordinate und $D \subset \mathbb{R}^2$ das Simulationsgebiet bezeichnen. Ein Zufallsfeld ist ein stochastischer Prozess mit der Ortskoordinaten x als Indexvariable, d.h. es stellt an jedem Punkt x eine skalare Zufallsvariable $a = a(x, \omega)$ dar, wobei $\omega \in \Omega$ die Elementarereignisse bezeichnet; für jede Realisierung ω ergibt sich eine Funktion $a(., \omega)$ auf D. Bei der Wahl eines geeigneten Wahrscheinlichkeitsmaßes für das Eingangszufallsfeld a greift man auf eine Ergodizitätsannahme zurück (vgl. [11, S. 53]), wonach die Verteilung der Realisierungen – hier wird festgelegt, welche der unsicheren Leitfähigkeitsfunktionen wahrscheinlicher sind als andere – dieselbe ist wie die Variation im Ort, wobei letztere beobachtet und geschätzt werden kann. Von Hydrologen vorgenommene statistische Untersuchungen [20, 13] haben ergeben, dass der Logarithmus log a der Leitfähigkeit als Gaußsches Zufallsfeld gut modelliert werden kann, d.h., dass die Verteilung des Vektors $\{\log a(x_j , \omega)\}_{j=1}^{n}$ an beliebigen n Punkten im Gebiet D stets multivariat normalverteilt ist. Insbesondere ist ein Gaußsches Zufallsfeld durch seine Mittelwertsfunktion $\bar{a} : D \to \mathbb{R}$ und seinen Kovarianzkern $c : D \times D \to \mathbb{R}$ vollständig bestimmt. Eine für numerische Zwecke geeignete Darstellung eines Zufallsfeldes erhält man aus der *Karhunen-Loève (KL)* Entwicklung [28, 33]

$$\log a(x,\omega) = \phi_0(x) + \sum_{m=1}^{\infty} \phi_m(x)\xi_m(\omega)$$

welche für jedes Zufallsfeld endlicher Varianz existiert und im quadratischen Mittel konvergiert. Hierbei sind $(\phi_m)_{m\in\mathbb{N}}$ die normierten Eigenfunktionen des Kovarianzoperators von log a sowie $(\xi_m)_{m\in\mathbb{N}}$ eine Folge unkorrelierter Zufallsvariablen. Im Falle eines Gauß-Feldes erhalten wir sogar unabhängige normalverteilte Zufallsvariablen $\xi_m \sim N(0,\lambda_m)$, wobei λ_m den m-ten Eigenwert der fallend geordneten Eigenwerte des Kovarianzoperators von *log a* bezeichnet. Je glatter der Kovarianzkern desto schneller klingen die Terme in der KL-Reihe ab, und man erhält durch Abschneiden eine hinreichend gute Approximation an das Zufallsfeld a, welche nun nur noch von endlich vielen skalaren Zufallsvariablen abhängt.

Bezeichnen $(\boldsymbol{u},p)$ den volumetrischen Fluß und das hydraulische Potential, welche sich durch Lösung der Darcy-Gleichung ergeben, so kann man diese als Funktion des Parametervektors $\xi = (\xi_1, \xi_2, \ldots)$ auffassen, wobei sich für jede Realisierung der Zufallsvariablen $\xi_m(\omega)$ ein solches Lösungspaar ergibt. Somit kann die zufällige Darcy-Gleichung auch als rein deterministisches *parametrisches Randwertproblem* aufgefasst werden, dessen Parameter ξ um so höherdimensional ausfällt, je mehr Terme in der KL-Reihe berücksichtigt werden. Bei gegebenem Flußfeld $\boldsymbol{u} = \boldsymbol{u}(x,\xi)$ kann man durch Lösung der Transportgleichung $\dot{x}(t) = \boldsymbol{u}(x(t)), x(0) = x_0$ die Trajektorie eines an der Stelle $x_0 \in D$ losgelassenen Partikels und damit seine Durchlaufzeit $t_{exit}(\xi)$ bis zum Erreichen des Randes des Simulationsgebietes berechnen. Eine einfache, wenn auch aufwändige, Methode zur Quantifizierung der in $t_{exit}(\xi)$ enthaltenen Unsicherheit ist die Bestimmung der empirischen Verteilungsfunktion, die man durch Lösen der Darcy-Gleichung mit anschließender Transportgleichung für hinreichend viele Stichproben des multivariat normalverteilten Parametervektors $\xi = \xi(\omega)$, also durch Monte-Carlo Simulation, approximieren kann. Abbildung 2 zeigt eine Realisierung des Leitfähigkeitsfeldes log a sowie die zugehörige Potentialkomponente der Lösung der Darcy-Gleichung mittels gemischter finiter Elemente. Die Partikeltrajektorie ergibt sich aus dem zugehörigen Flussfeld. Die gestrichelte Linie deutet den Rand des Endlagergebiets an.Beim Eingangszufallsfeld wurde ein Kovarianzkern aus der Matérn-Familie [43] angenommen, dessen Parameter mittels *restricted maximum likelihood-Methode* an Leitfähigkeitsmessungen aus [7] geschätzt wurden. Die Mittelwertfunktion von log a wurde mittels linearer Regression an die Leitfähigkeitsmessungen angepasst und die Kovarianzfunktion an diesen bedingt (Kriging).

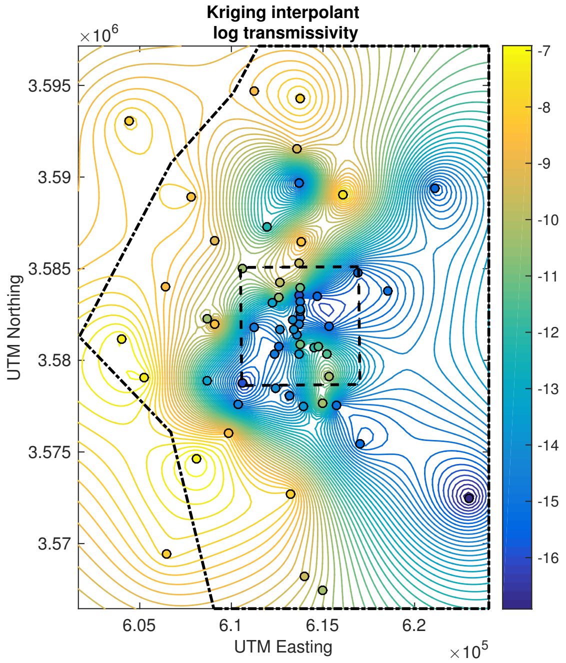


Abb. 3: Messpunkte für hydraulische Leitfähigkeit an Bohrlöchern im WIPP-Gebiet mit geostatistischer Interpolation (Kriging).

Diese geostatistischen Methoden findet man in [29] beschrieben. Abbildung 3 zeigt die Anordnung der Bohrlochmessungen hydraulischer Leitfähigkeit aus [7] mit den Höhenlinien der Kriging-Interpolierenden.

Stochastische Kollokation zur Propagation von Unsicherheit

Neben Monte Carlo Sampling und Weiterentwicklungen wie Quasi-Monte Carlo [31] oder Multilevel Monte Carlo-Verfahren [22], die vor allem bei geringer Regularität des Kovarianzkernes, d.h. sehr langsamem Abklingen der KL-Terme attraktiv sind, wurden in den letzten 20 Jahren eine Vielzahl numerischer Methoden zur Lösung zufälliger Differentialgleichungen entwickelt, die auf globalen multivariaten Polynomen beruhen. Diese Methoden bieten den zusätzlichen Vorteil, dass sie die funktionale Abhängigkeit der Lösung der zufälligen Differentialgleichung, oder auch hiervon abhängiger Zielgrößen, von den zufälligen Parametern durch ein multivariates Polynom approximieren. Einmal konstruiert kann diese polynomielle Darstellung zur Berechnung von Statistiken der Lösung bzw. als *Surrogat* zur Generierung von Samples ohne weiteres Lösen der Differentialgleichung herangezogen werden. In der Vergangenheit wurden solche Ansätze auch als *response surface methods* bezeichnet. *Stochastische Galerkin-Verfahren* [21, 32, 24, 34] beruhen auf einer Variationsformulierung der zufälligen Differentialgleichung sowohl in den deterministischen als auch den zufälligen bzw. Parametervariablen gefolgt von Galerkin-Projektion in einen Tensorprodukt-Raum eines für das deterministische Problem geeigneten finite-Element-Raumes mit einem Raum multivariater Polynome zur Approximation der Abhängigkeit von den Parametervariablen. In Anlehnung an eine auf Wiener [45] zurückgehende Bezeichnung für die Entwicklung stochastischer Prozesse in Hermite-Reihen mit abzählbar unendlich vielen Variablen werden letztere Klasse von Approximationen auch *polynomielle Chaos-Entwicklungen* genannt. Verallgemeinerungen auf andere Polynomklassen [47, 15], sogenannte *generalized polynomial chaos (gPC) expansions,* eignen sich zur Approximation von nichtnormalverteilten Zufallsvariablen.

Ein Vorteil dieses Ansatzes ist die höhere Approximationsordnung bei Vorliegen glatter Abhängigkeit von den Parametervariablen. Dies wird bei stochastischen Galerkin-Verfahren allerdings dafür erkauft, dass in den resultierenden Galerkin-Gleichungen die Freiheitsgrade der deterministischen und parametrischen Approximation gekoppelt sind. Dies führt auf sehr große algebraische Gleichungssysteme, welche vor allem bei nichtlinearen Problemen beträchtlichen algorithmischen und numerischen Aufwand darstellen. Jüngste Fortschritte im Bereich der Niedrigrang-Approximation wie [14] versprechen hier Abhilfe.

Im Gegensatz zu auf Sampling beruhenden Verfahren wie Monte-Carlo Methoden, bei denen auf vorhandene Software für das deterministische Problem zurückgegriffen werden kann, erfordert die stochastische Galerkin-Methode eine neue Implementierung der Diskretisierung, weshalb man sie auch als *intrusive* Methode bezeichnet (siehe aber auch [23]).

Ein Diskretisierungsansatz, der höhere Approximationsordnung mit der einfachen Handhabung von Sampling-Verfahren verbindet ist die *stochastische Kollokation* [46, 1, 5]. Diese konstruiert polynomielle Approximationen der Parameterabhängigkeit durch interpolatorische Ansätze anstelle von Galerkin-Projektion. Da einfache Tensorproduktansätze schnell dem *Fluch der Dimension* unterliegen werden *Dünngitteransätze* [4] zur Reduktion der Komplexität sowie gewichtete Interpolationen [41] zur Ausnutzung anisotroper Parameterabhängigkeit eingesetzt. Weitere Literatur hierzu findet man in [25]. Eine besonders interessante Entwicklung bei der numerischen Lösung zufälliger elliptischer Gleichungen befasst sich mit der polynomiellen Approximation der Lösung im Falle abzählbar unendlich vieler Variablen, d.h. ohne die KL-Reihe abzubrechen, und erreichen dabei dimensionsunabhängige Approximationsraten [9, 8, 2, 3, 17].

Bayessche Inferenz zur Reduktion von Unsicherheit

Die reine Propagation von Unsicherheit setzt die Bekanntheit einer Wahrscheinlichkeitsverteilung der zufälligen Eingangsdaten voraus. Der Bayessche Formalismus bietet die Möglichkeit, ein Wahrscheinlichkeitsmaß für die zufälligen Eingangsdaten durch Hinzunahme von Beobachtungen, insbesondere von *indirekten* Beobachtungen wie der Lö-

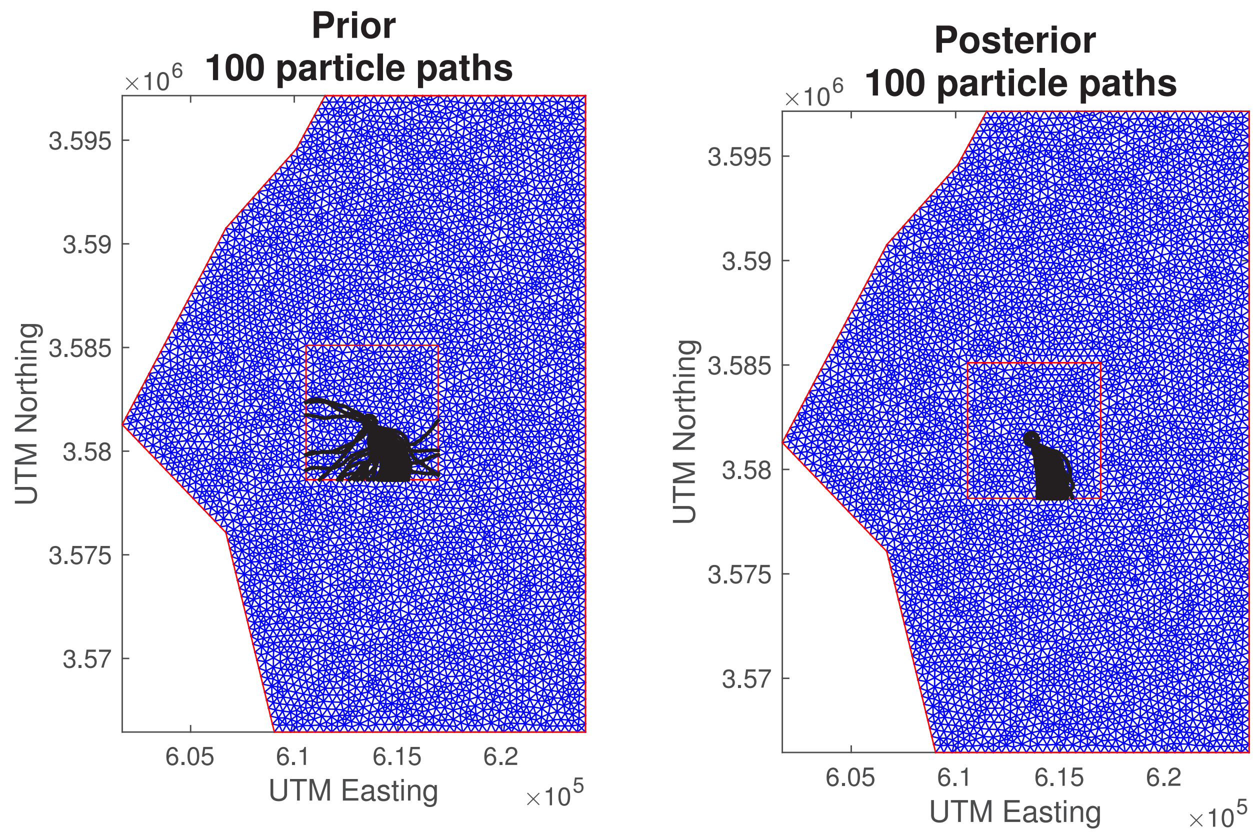


Abb. 4: Partikeltrajektorien gemäß A-priori- und A-posteriori-Verteilung.

sung der zugehörigen zufälligen Differentialgleichung an ausgewählten Punkten, zu verbessern. In der Sprache der Stochastik besteht das Vorgehen aus dem *Bedingen* der zufälligen Eingangsdaten an den Beobachtungen, d.h. im Übergang von einer *A-priori-Verteilung,* welche das verfügbare Wissen über die unsicheren Eingangsdaten vor der Beobachtung widerspiegeln, zu der bedingten *A-posteriori-Verteilung*. Ist die unsichere Eingangsgröße wie im Fall der hydraulischen Leitfähigkeit eine Funktion, so lebt das zugehörige Wahrscheinlichkeitsmaß auf einem unendlichdimensionalen Raum, in welchem eine Entsprechung des Lebesgue-Maßes nicht existiert. Infolgedessen können Wahrscheinlichkeitsmaße nicht wie im endlichdimensionalen Fall durch ihre Dichtefunktion beschrieben werden. Stattdessen formuliert man die Bayessche Formel mit der Radon-Nikodym-Ableitung des A-posteriori-Maßes nach dem A-priori-Maß, deren Existenz unter geeigneten Voraussetzungen bewiesen werden kann [44, 12]. Bezeichnet G(ξ) die *Vorwärtsabbildung* $\xi \to a \to p \to \boldsymbol{y}$ vom Parametervektor ξ zur Auswertung der Lösung der Darcy- Gleichung an endlich vielen Punkten in D, so gilt für den Vektor $\boldsymbol{y}$ der beobachteten Daten

$$\boldsymbol{y} = G(\xi) + \epsilon, \qquad (1)$$

wobei ϵ ein Gaußsches Messrauschen bezeichnet.

Die Bayessche Formel für das A-posteriori-Maß μ bezüglich des A-priori-Maßes μ_0 lautet in diesem Fall

$$\frac{\mathrm{d}\mu}{\mathrm{d}\mu_0} \propto \mathrm{e}^{-\Phi(\boldsymbol{\xi})}, \qquad \Phi(\boldsymbol{\xi}) = \frac{1}{2}\|\boldsymbol{y} - G(\boldsymbol{\xi})\|^2_{\Sigma^{-1}}, \quad (2)$$

wobei Σ die Kovarianzmatrix des Rauschens bezeichnet, mit deren Inversen die Norm des Datenmisfits Φ gewichtet ist.

Die Aufgabe der Bayesschen Inferenz besteht nun darin, aus gegebenem A-priori-Maß μ_0 und Beobachtungdaten $\boldsymbol{y}$ das A-posteriori-Maß μ zu gewinnen. Dies kann auch als Lösung des inversen Problems mit Vorwärtsgleichung (1) aufgefasst werden, wobei die Lösung nicht durch eine einzige Rekonstruktion des Parametervektors ξ (und damit der unsicheren Leitfähigkeit $a(\xi)$), sondern dessen A-posteriori-Verteilung μ gegeben ist. Aus diesem Grund spricht man hier auch von *Bayesscher Inversion*. Die in der A-priori-Verteilung enthaltene Vorabinformation spielt die Rolle einer Regularisierung.
Aufgrund der nichtlinearen Vorwärtsabbildung G ist auch bei normalverteiltem A-priori-Maß die A-posteriori-Verteilung im Allgemeinen kein Gauß-Maß und kann, insbesondere aufgrund der unendlichen Dimension, sehr kompliziert sein. Mit der *Markow-Ketten-Monte Carlo (MCMC)* Methode [39] ist es dennoch möglich, Samples aus der A-posteriori Verteilung numerisch zu erzeugen. Unter vielen MCMC-Varianten ist eine besonders einfache der Metropolis-Hastings Algorithmus. Die Erzeugung der Markow-Kette erfolgt hier in zwei Teilschritten: zunächst wird ge

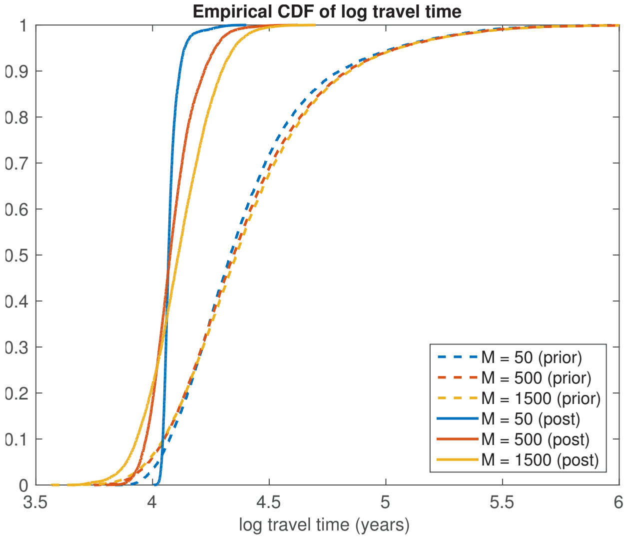


Abb. 5: Empirische Verteilungsfunktion der Zielgröße logarithmische Durchlaufzeit log t_{exit} für unterschiedliche Dimensionen M des Parameterraumes gemäß der A-priori-Verteilung (gestrichelte Linie) bzw. der A-posteriori-Verteilung (durchgezogene Linie).

mäß eines *Vorschlagskerns,* d.h. einer durch den Zustand der Kette parametrisierten Wahrscheinlichkeitsverteilung, ein neuer Zustand ausgewürfelt. Danach wird mit einer geeignet zu wählenden *Akzeptanzwahrscheinlichkeit* dieser vorgeschlagene Schritt akzeptiert oder verworfen. Bezeichnen ξ_k und $\boldsymbol{\eta}$ den aktuellen und den vorgeschlagenen Zustand, so lautet unter geeigneten Voraussetzungen die Akzeptanzwahrscheinlichkeit [10]

$$\alpha(\boldsymbol{\xi}_k, \boldsymbol{\eta}) = \min\left\{1, e^{\Phi(\boldsymbol{\xi}_k)-\Phi(\boldsymbol{\eta})}\right\}.$$

Deren Auswertung erfordert somit in jedem Schritt die Auswertung des Datenfunktionals Φ und somit die Lösung des Vorwärtsproblems. Insbesondere wenn bereits die Lösung des deterministischen Problems großen numerischen Aufwand darstellt kann MCMC-Sampling sehr teuer werden. Es ist daher umso wichtiger, dass die Konvergenz der verwendeten Algorithmen robust ist gegenüber der Dimension des Zustandsraumes sowie der Varianz des Rauschens ϵ. Wird letztere klein, so ist die A-posteriori-Verteilung stark konzentriert und durch Sampling schwierig zu entdecken. Erste bewiesen dimensionsunabhängige MCMC-Verfahren entstanden in der Gruppe von Stuart [10, 26]. Ein auf Linearisierung der Vorwärtsabbildung basierender Ansatz von Sprungk und Rudolf [42] ist ebenfalls dimensionsunabhängig und zeigt darüberhinaus auch varianzrobustes Verhalten. Für das WIPP-Beispiel sind in Abbildungen 4 und 5 Resultate der Bayesschen Inferenz zu sehen.
Weniger aufwändige Methoden, welche ohne eine vollständige Bayessche Inversion Approximationen an A-posteriori-Mittelwerte von Zielgrößen liefern, bieten Verallgemeinerungen des Kalman-Filters [18, 16].

Fazit

Aktuelle Fragestellungen der UQ haben, wie man sieht, zu interessanten neuen Ergebnissen und Methoden in vielen Bereichen der Mathematik geführt, darunter hochdimensionale Approximation, Sampling in unendlichdimensionalen Räumen und der Konvergenz von Markow-Ketten. Diese Entwicklung und damit einhergehende Analyse numerischer Algorithmen für die Propagation und Inferenz von Unsicherheit in unendlichdimensionalen Parameterräumen gibt zu Optimismus Anlass, auch für komplexe Simulationen die verbleibende Unsicherheit quantitativ charakterisieren zu können. Weitere spannende Fragestellungen ergeben sich bei Anwendung von UQ Methoden auf klassische Probleme der angewandten Mathematik wie Optimierung, Steuerung und Regelung unter Unsicherheit, Versuchsplanung sowie dynamische Systeme.

Literatur

[1] Ivo Babuška, Fabio Nobile und Raúl Tempone. A Stochastic Collocation Method for Elliptic Partial Differential Equations with Random Input Data. In: SIAM Review 52.2 (2010), S. 317 - 355.

[2] M. Bachmayr, A. Cohen und G. Migliorati. Sparse polynomial approximation of parametric elliptic PDEs. Part I: affine coefficients. In: ESAIM Math. Model. Numer. Anal. 51.1 (2017), S. 321 - 339.

[3] M. Bachmayr u. a. Sparse polynomial approximation of parametric elliptic PDEs. Part II: lognormal coefficients. In: ESAIM Math. Model. Numer. Anal. 51.1 (2017), S. 341 - 363.

[4] Volker Barthelmann, Erich Novak und Klaus Ritter. High Dimensional Polynomial Interpolation on Sparse Grids. In: Advances in Computational Mathematics 12 (2000), S. 273 - 288.

[5] Joakim Beck u.a. On the Optimal Polynomial Approximation of Stochastic PDEs by Galerkin and Collocation Methods. In: Mathematical Models and Methods in Applied Sciences 22.9 (2012), S. 1250023. doi: 10.1142/S0218202512500236.

[6] Yakov Ben-Haim und Isaac Elishakoff. Convex Models of Uncertainty in Applied Mechanics. Studies in Applied Mathematics 25. Elsevier Science Publishers, 1990.

[7] Carlsbad Field Office. Compliance Recertification Application 2014. Techn. Ber. Title 40 CFR Part 191. U.S. Department of Energy, Waste Isolation Pilot Plant, 2014.

[8] Albert Cohen und Ronald DeVore. Approximation of high-dimensional parametric PDEs. In: Acta Numerica 24 (2015), S. 1 - 159.

[9] Albert Cohen, Ronald DeVore und Christoph Schwab. Convergence Rates of Best N-term Galerkin Approximations for a Class of Elliptic sPDEs. In: Foundations of Computational Mathematics 10.6 (2010), S. 615 - 646. DOI: 10.1007/s10208- 010-9072-2.

[10] S. L. Cotter u. a. MCMC Methods for Functions: Modifying Old Algorithms to Make Them Faster. In: Statistical Science 28.3 (2013), S. 424 - 446.

[11] Noel A. C. Cressie. Statistics for Spatial Data. John Wiley & Sons, 1991.

[12] Masoumeh Dashti und Andrew M. Stuart. The Bayesian Approach to Inverse Problems. In: Handbook of Uncertainty Quantification. Hrsg. von Roger Ghanem, David Higdon und Houman Owhadi. Springer International Publishing, 2016, S. 1 - 118. url: http://arxiv.org/abs/1302.6989.

[13] J. P. Delhomme. Spatial Variability and Uncer- tainty in Groundwater Flow Parameters: A Geostatistical Approach. In: Water Resources Rese- arch 15.2 (1979), S. 269 - 280.

[14] Martin Eigel, Max Pfeffer und Reinhold Schneider. Adaptive stochastic Galerkin FEM with hierarchical tensor representations. In: Numerische Mathematik 136.3 (2017), S. 765 - 803.

[15] O. G. Ernst u. a. On the Convergence of Generalized Polynomial Chaos Expansions. In: ESAIM Mathematical Modelling and Numerical Analysis 46.2 (2012), S. 317 - 339.

[16] Oliver G. Ernst, Björn Sprungk und Hans-Jörg Starkloff. Analysis of the Ensemble and Polynomial Chaos Kalman Filters in Bayesian Inverse Problems. In: SIAM/ASA Journal of Uncertainty Quantification 3 (2015), S. 823 - 851.

[17] Oliver G. Ernst, Björn Sprungk und Lorenzo Tamellini. Convergence of Sparse Collocation for Functions of Countably Many Gaussian Random Variables (with Application to Elliptic PDEs). arXiv: 1611.07239v2.

[18] Geir Evensen. The Ensemble Kalman Filter for Combined State and Parameter Estimation. In: Control Systems Magazine 29.3 (2009), S. 83 - 104.

[19] Scott Ferson und Lev R. Ginzburg. Different Methods are Needed to Propagate Ignorance and Variability. In: Reliability Engineering and System Safety 54 (1996), S. 133 - 144.

[20] R. Allan Freeze. A Stochastic-Conceptual Analysis of One-Dimensional Groundwater Flow in Nonuniform Homogeneous Media. In: Water Resources Research 11.5 (1975), S. 725 - 741.

[21] Roger Ghanem und Pol D. Spanos. Stochastic Finite Elements: A Spectral Approach. New York: Springer-Verlag, 1991.

[22] Michael B. Giles. Multilevel Monte Carlo Methods. In: Acta Numerica 24 (2015), S. 259 - 328.

[23] Loïc Giraldi u.a. To Be or Not to Be Intrusive? The Solution of Parametric and Stochastic Equations: The Plain Vanilla Galerkin Case. In: SIAM Journal on Scientific Computing 36.6 (2014), A2720 - A2744.

[24] Claude J. Gittelson und Christoph Schwab. Sparse tensor discretization of high-dimensional parametric and stochastic PDEs. In: Acta Numerica 20 (2011), S. 291 - 467.

[25] Max Gunzburger, Clayton G. Webster und Guannan Zhang. Stochastic finite element methods for partial differential equations with random input data. In: Acta Numerica 23 (2014), S. 521 - 650.

[26] Martin Hairer, Andrew M. Stuart und Sebastian J. Vollmer. Spectral Gaps for a Metropolis-Hastings Algorithm in Infinite Dimensions. In: Annals of Probability 24.6 (2014), S. 2455 - 2490. doi: 10. 1214/13-AAP982.

[27] Ivan Hlavácĕk, Jan Chleboun und Ivo Babuška. Uncertain Input Data Problems and the Worst Scenario Method. Elsevier, 2004.

[28] Kari Karhunen. U Ãàber lineare Methoden in der Wahrscheinlichkeitsrechnung. In: Ann. Acad. Sci. Fenn. Ser. A.I. 37 (1947), S. 3 - 79.

[29] Peter K. Kitanidis. Introduction to Geostatistics: Applications to Hydrogeology. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1997.

[30] Armen Der Kiureghian und Ove Ditlevsen. Aleatory or epistemic? Does it matter? In: Structural Safety 31 (2009), S. 105 - 112.

[31] Frances Y. Kuo und Dirk Nuyens. Application of Quasi-Monte Carlo Methods to Elliptic PDEs with Random Diffusion Coefficients: A Survey of Analysis and Implementation. In: Foundations of Computational Mathematics 16.6 (2016), 1631 - w1696.

[32] Olivier P. Le Maître und Omar M. Knio. Spectral Methods for Uncertainty Quantification. Dordrecht Heildelberg: Springer-Verlag, 2010.

[33] Michel Loève. Probability Theory. Bd. II. New York: Springer-Verlag, 1977.

[34] Gabriel J. Lord, Catherine E. Powell und Tony Shardlow. An Introduction to Computational Stochastic PDEs. Cambridge Texts in Applied Mathematics. Cambridge University Press, 2014.

[35] Hermann G. Matthies. Quantifizierung von Unsicherheiten: Stochastische FEM und Numerik stochastischer partieller Differentialgleichungen. In: GAMM Rundbrief 1 (2010), S. 6 - 11.

[36] Fernando A. Moala und Anthony O´Hagan. Elicitation of multivariate prior distributions: A nonparametric Bayesian approach. In: Journal of Statistical Planning and Inference 140.7 (2010), S. 1635 - 1655.

[37] Ramon E. Moore, R. Baker Kearfott und Michael J. Cloud. Introduction to Interval Analysis. Philadelphia: SIAM, 2009.

[38] M. Granger Morgan und Max Henrion. Uncertainty: A Guide to Dealing with Uncertainty in Quantitative Risk and Policy Analysis. Cambridge University Press, 1990.

[39] Thomas Müller-Grombach, Erich Novak und Klaus Ritter. Monte Carlo-Algorithmen. Springer, 2012.

[40] National Research Council. Assessing the Reliability of Complex Models: Mathematical and Statistical Foundations of Verification, Validation, and Uncertainty Quantification. Washington, D.C.: The National Academies Press, 2012.

[41] Fabio Nobile, Raúl Tempone und Clayton G. Webster. An Anisotropic Sparse Grid Stochastic Collocation Method for Partial Differential Equations With Random Input Data. In: 46.5 (2008), S. 2411 - 2442. doi: 10.1137/070680540.

[42] Daniel Rudolf und Björn Sprungk. On a Generalization of the Preconditioned Crank - Nicolson Metropolis Algorithm. In: Foundations of Computational Mathematics published electronically 11/2016 (2016).

[43] M.L. Stein. Interpolation of Spatial Data: Some Theory for Kriging. Springer, New York, 1999.

[44] Andrew M. Stuart. Inverse problems: a Bayesian perspective. In: Acta Numerica 19 (2010), S. 451 - 559.

[45] Norbert Wiener. The homogeneous chaos. In: American Journal of Mathematics 60.897 - 936 (1938).

[46] Dongbin Xiu und Jan S. Hesthaven. High-Order Collocation Methods for Differential Equations with Random Inputs. In: 27.3 (2005), S. 1118 - 1139. DOI: 10.1137/040615201.

[47] Dongbin Xiu und George Em Karniadakis. The Wiener-Askey Polynomial Chaos for Stochastic Differential Equations. In: 24.2 (2002), S. 619 - 644.

Oliver Ernst studierte 1983-1985 und 1987-1990 an der Universität Karlsruhe (TH) Mathematik mit Nebenfach Informatik. Nach einem Promotionstudium im Scientific Computing and Computational Mathematics Progamm an der Stanford University wurde er dort 1994 mit einer Arbeit zur Numerik von Außenraumproblemen für die Helmholtz-Gleichung promoviert. Nach einem Wechsel an die TU Bergakademie Freiberg verbrachte er 1997--98 ein Jahr als Post-Doc am University of Maryland Institute for Advanced Computer Studies. Nach seiner Rückkehr an die Fakultät für Mathematik und Informatik der TU Bergakademie Freiberg war er dort wissenschaftlicher Assistent, habilitierte sich 2001 mit einer Arbeit über Krylov-Unterraumverfahren zur Lösung von Operatorgleichungen und wurde 2009 zum außerplanmäßigen Professor bestellt. Seit 2013 ist er Professor für Numerische Mathematik an der TU Chemnitz. Seine Forschungsinteressen liegen in der numerischen linearen Algebra, der Numerik von Differentialgleichungen sowie der Quantifizierung von Unsicherheit. Seit 2015 ist er Vorsitzender des GAMM-Fachausschusses für Uncertainty Quantification.

STRUKTURERHALTENDE SIMULATION UND OPTIMALSTEUERUNG GEKOPPELTER SYSTEME

VON SIGRID LEYENDECKER, TRISTAN SCHLÖGL & THERESA WENGER

In diesem Beitrag wird die Simulation künstlicher Muskeln, die beispielsweise humanoide Roboter aktuieren, vorgestellt. Das Modell besteht aus einer elektromechanisch gekoppelten Materialbeschreibung des künstlichen Muskels, der mit einem starren Mehrkörpersystem verbunden ist. Basierend auf strukturerhaltender Zeitintegration und der Finite Elemente Methode wird sowohl die Vorwärtsdynamik als auch ein Optimalsteuerungsproblem energiekonsistent numerisch simuliert.
Nach einer kurzen Einführung werden die Grundlagen variationeller Integration vorgestellt und das elektromechanisch gekoppelte Problem dielektrischer Elastomere formuliert. Ein numerisches Beispiel illustriert die Strukturerhaltung in der vorwärtsdynamischen Simulation eines DEA-aktuierten Mehrkörpersystems, bevor eine Optimalsteuerung den künstlichen Muskel energieeffizient in einen stationären Zustand bringt.

Humanoide Roboter und künstliche Muskeln

Ob in der Pflege, als multifunktionaler Helfer im Alltag, oder als Plattform für Forschungsprojekte: Humanoide Roboter sind auf dem Vormarsch. Während sich das Dasein der menschähnlichen Technikwunder lange auf Forschungs- und Marketingabteilungen beschränkt hat, sind in letzter Zeit häufiger auch kommerziell vertriebene Produkte anzutreffen. Nao der Firma Aldebaran Robotics beispielsweise geht auf zwei Beinen, tanzt, trägt auf Anfrage Gedichte vor und füttert Museumsbesucher mit Wissen, wie in der Bionik-Ausstellung des Tiergartens Nürnberg. Dabei fällt auf, dass sich der humanoide Roboter nicht wirklich humanoid bewegt. Steife Gelenke und Antriebe verhindern fließende Bewegungen, wenn sich der Roboter im Schneckentempo Schritt für Schritt nach vorne tastet. Nicht selten verliert Nao seinen quasi-statischen Gleichgewichtszustand und fällt um, die dabei auftretenden Erschütterungen nehmen Gelenke und Motorgetriebe enorm in Anspruch. Deren Starrheit kann sogar zur Gefahr werden, wenn Menschen mit leistungsstarken und unnachgiebigen Maschinen direkt interagieren, beispielsweise in der Produktion. Abhilfe könnten hier künstliche Muskeln auf der Basis dielektrischer Elastomeraktoren schaffen, die durch die elastische Kopplung der Roboterstrukturen Energie zwischenspeichern und so eine dynamische und sichere Bewegung ermöglichen.
Die Funktionsweise dielektrischer Elastomeraktoren (kurz DEA) beruht auf der elektrostatischen Anziehungskraft zwischen zwei geladenen Kondensatorplatten. Bei Verwendung eines elastischen Dielektrikums und nachgiebigen Elektroden führt die Anziehungskraft zu einer mikroskopischen Kontraktion des Materials in Richtung des elektrischen Feldes. Polarisationseffekte im Inneren des Dielektrikums verstärken diesen Effekt, wie in Abbildung 1 veranschaulicht. Das Stapeln vieler dieser Funktionseinheiten übereinander erlaubt es, die nun makroskopische Kontraktion im Bereich von ungefähr zehn Prozent der ursprünglichen Länge des Stapelaktors in robotischen Anwendungen zu nutzen. Neben einiger herstellungstechnischer Herausforderungen ist auch die Vorhersagbarkeit

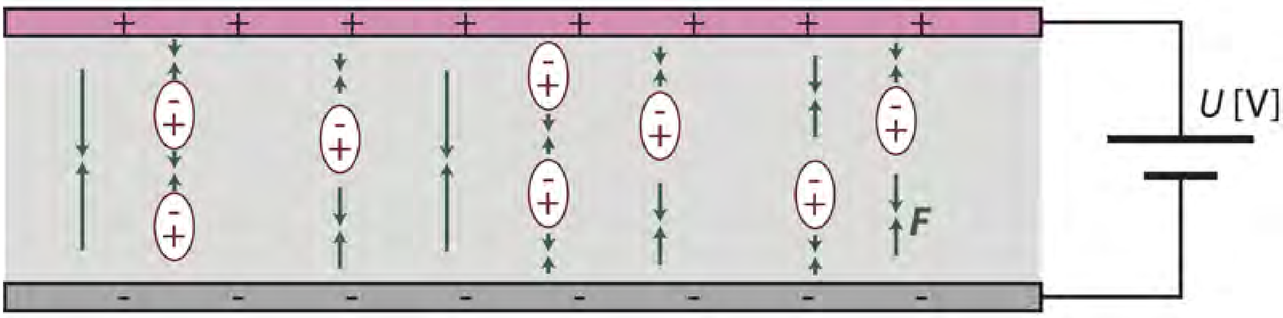


Abb. 1: Funktionsweise eines dielektrischen Elastomers.

des Verhaltens von großer Bedeutung. Besonders für die Auslegung der Ansteuerung einer durch künstliche Muskeln aktuierten Kinematik ist ein ausgereiftes Simulationsmodell unerlässlich.

Das elektromechanisch gekoppelte, nichtlineare, partiell-differentialalgebraische Gleichungssystem (PDAE) zur Beschreibung einer durch künstliche Muskeln aktuierten Kinematik wird zur numerischen Behandlung erst räumlich mit finiten Elementen und dann zeitlich diskretisiert. Zur zeitlichen Approximation der DAE findet ein variationeller Integrator Anwendung, welcher im Folgenden vorgestellt wird.

Grundlagen der variationellen Integration

Die Übertragung des Hamilton Prinzips ins zeitlich Diskrete bildet den Grundbaustein variationeller Integratoren. Aus dem variationellen Ansatz ergeben sich strukturerhaltende Integratoren, die charakteristische Größen des mechanischen Systems, wie Symplektizität, Impulsabbildungen oder das Energieverhalten, in den Simulationen realistisch wiedergeben [1,2].

Es wird ein n-dimensionales mechanisches System betrachtet. Der zeitabhängige Vektor $q(t) \in Q$, definiert im Vektorraum Q, beschreibt die Konfiguration, die Geschwindigkeit $\dot{q}(t) \in T_{q(t)}Q$ liegt im Tangentialraum $T_{q(t)}Q$. Die Lagrange Funktion $L: TQ \to \mathbb{R}$ besteht aus der Differenz der kinetischen Energie $T(q,\dot{q})$ und des Potentials $V(q)$ des Systems. Das Integral der Lagrange Funktion über das Zeitintervall $[t_0,t_N]$ ist die Wirkung $S(q)$

$$S(q) = \int_{t_0}^{t_N} L(q,\dot{q})dt \qquad (1)$$

Laut des Hamilton Prinzips wird die Wirkung für die tatsächliche Trajektorie $q(t)$ stationär. Der Anfangs- und Endzustand der Konfiguration, $q(t_0)=q_0$ und $q(t_N)=q_N$, werden nicht variiert. Aus der Forderung $\delta S(q) = 0 \; \forall \delta q \in T_q Q$ mit $\delta q_0=\delta q_N=0$, leiten sich die Euler-Lagrange Gleichungen ab

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}}\right) - \frac{\partial L}{\partial q} = 0 \qquad (2)$$

Die Lösung $q(t)$ der Differentialgleichung (2) besitzt charakteristische Strukturen, z.B. ist die Gesamtenergie entlang der Lösung $q(t)$ konstant, wenn die betrachteten Systeme konservativ sind. Transformationen, unter denen die Lagrange Funktion invariant bleibt, lassen auf weitere Erhaltungsgrößen schließen. Diese Aussage beruht auf dem Noether-Theorem. Beispielsweise ergibt sich aus der Invarianz der Lagrange Funktion bezüglich Translation oder Rotation im Raum die Erhaltung des entsprechenden linearen Impulses bzw. Drehimpulses. Das Volumen im Phasenraum ist eine weitere Größe, die entlang der Lösung der Euler-Lagrange Gleichungen erhalten bleibt.

Anstatt die Differentialgleichung (2) direkt zu diskretisieren und numerisch zu integrieren, wird nun das Hamilton Prinzip im Diskreten formuliert. Der variationelle Ansatz beginnt mit der Approximation der Wirkung. Das gesamte Zeitintervall wird in N Zeitintervalle der Länge h unterteilt und damit ein Zeitgitter $\Delta t=\{t_k=kh \mid k=0,\dots,N\}, Nh=t_N$ eingeführt. Die kontinuierliche Konfiguration $q(t)$ wird durch den diskreten Pfad $\{q_k\}_{k=0}^N$ ersetzt, wobei $q_k \approx q(t_k)$. Die diskrete Lagrange Funktion $L_d: Q \times Q \to \mathbb{R}$ ist die Approximation des Integrals über die Lagrange Funktion im Zeitintervall $[t_k,t_{k+1}]$. Zur näherungsweisen Berechnung des Integrals wird eine Quadraturformel, beispielsweise die Mittelpunkts- oder Trapezregel, verwendet. Die diskrete Wirkung $S_d: Q^{(N+1)} \to \mathbb{R}$ ergibt sich somit zu

$$S_d(q_0,\dots,q_N) = \sum_{k=0}^{N-1} L_d(q_k,q_{k+1})$$

Das diskrete Variationsprinzip verlangt, dass die diskrete Lösung $\{q_k\}_{k=0}^N$ die erste Variation der diskreten Wirkung verschwinden lässt, $\delta S_d(q_0,\dots,q_N)=0 \; \forall \{\delta q_k\}_{k=0}^N$ mit $\delta q_0=\delta q_N=0$. Daraus resultieren die diskreten Euler Langrange Gleichungen

$$D_1 L_d(q_k,q_{k+1}) + D_2 L_d(q_{k-1},q_k) = 0 \quad k=1,\dots,N-1 \qquad (3)$$

wobei D_i die Ableitung nach dem i-ten Argument bezeichnet. Aus den bekannten Konfigurationen q_{k-1} und q_k wird die Unbekannte q_{k+1} berechnet. Damit handelt es sich bei der Iterationsvorschrift (3) um ein Zweischrittverfahren, das aufgrund der variationellen Herleitung als variationeller Integrator bezeichnet wird. Der diskrete konjugierte Impuls p_k ist über die diskreten Legendre Transformationen $\mathbb{F}^- L_d: (q_k,q_{k+1}) \to (q_k,p_k^-)$ und $\mathbb{F}^+ L_d: (q_{k-1},q_k) \to (q_k,p_k^+)$ definiert. Gleichung (3) impliziert die Äquivalenz der konjugierten diskreten Impulse p_k^- und p_k^+, es gilt $p_k^- = p_k^+ = p_k$. Für gegebene Anfangskonfiguration q_0 und Anfangsimpuls p_0 zum Zeitpunkt t_0 lässt sich mit der Legendre Transformation $\mathbb{F}^- L_d$ die Konfiguration q_1 berechnen und damit

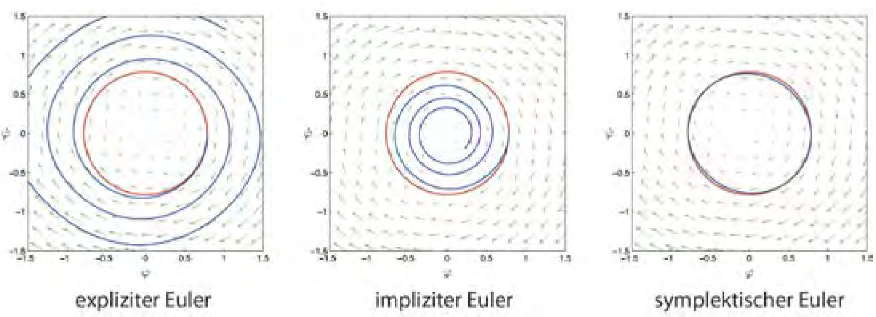


Abb. 2: Phasenporträt eines ebenen Pendels (rot), numerisch approximierte Lösung (blau).

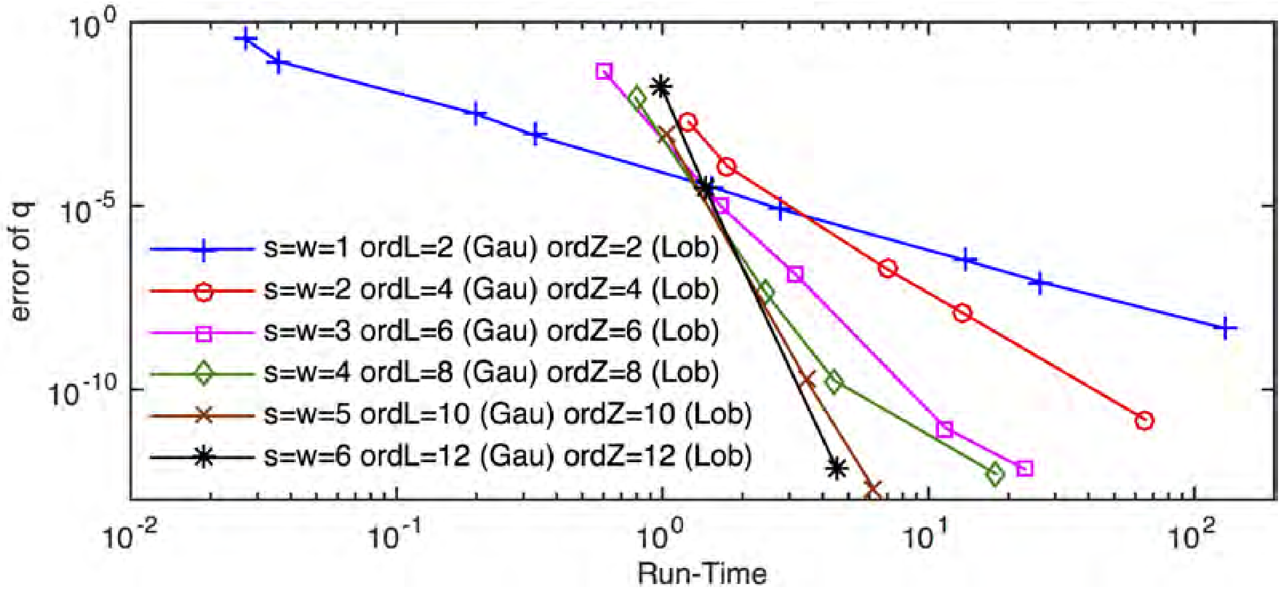


Abb. 3: Diskretisierungsfehler e_q der Konfiguration q eines Pendels über der Rechenzeit.

die Startwerte (q_0,q_1) für das Verfahren in (3). Abkürzend wird der Integrator hier als $F(q_d)=0$ geschrieben.

Die diskrete Trajektorie, die der variationelle Integrator approximativ berechnet, ist ebenso wie die kontinuierliche Trajektorie symplektisch. Die Symplektizität der variationellen Integratoren erschließt sich direkt, wenn die diskrete Wirkung als erzeugende Funktion aufgefasst wird. In Abbildung 2 ist in roter Farbe jeweils das Phasenporträt eines ebenen Pendels (mit Auslenkwinkel φ, Masse und Pendellänge eins) zu sehen und in blauer Farbe die Simulationsergebnisse verschiedener Integratoren erster Ordnung. Es wird deutlich, dass der explizite (Plot links) und der implizite Euler (Plot Mitte) das Phasenraumvolumen nicht erhalten, während der symplektische Euler (Plot rechts) es exakt bewahrt und das Phasenporträt annähert. Der symplektische Euler ergibt sich, wenn die Rechteckregel zur Integralapproximation verwendet wird. Mit der Rückwärtsfehleranalyse [3] lässt sich das gute Langzeitenergieverhalten symplektischer Integratoren zeigen. Die Energie nimmt über die Simulationszeit weder künstlich zu noch ab, sondern oszilliert in einem sehr kleinen sogenannten Energieband (siehe Abbildung 7), wobei die Amplitude mit kleiner werdender Zeitschrittweite abnimmt. Die diskrete Lagrange Funktion erbt die Invarianz der kontinuierlichen Lagrange Funktion bezüglich linearer Transformationen. Über das diskrete Noether Theorem kann gezeigt werden, dass die diskrete Lösung die entsprechende Impulsabbildung im Rahmen der vorgegebenen Rechengenauigkeit exakt erhält. Für Systeme mit nicht konservativen Kräften (Approximation der Konfiguration durch q_d und der Kräfte durch u_d) führt das diskrete Lagrange d'Alembert Prinzip auf den variationellen Integrator in Form $F(q_d,u_d)=0$ und zu den Kräften entsprechenden Änderungen in den charakteristischen Größen.

Wenn die Konfiguration q durch $\{q_k\}_{k=0}^{N}$ linear approximiert wird, ist die Konvergenzordnung des variationellen Integrators (3) maximal zwei. Höhere Konvergenzordnungen können erreicht werden, wenn Polynome höherer Ordnung zusammen mit passenden Quadraturformeln zur Wirkungsapproximation verwendet werden. Dieser Ansatz wird im Folgenden detaillierter beleuchtet. Insbesondere wird die Betrachtung auf dynamische Systeme mit holonomen Zwangsbedingungen $g(q)=0 \in \mathbb{R}^m$ erweitert. Variationelle Integratoren niedriger Ordnung (maximal zwei) für holonom beschränkte Systeme werden in [4] diskutiert.

Variationeller Integrator höherer Ordnung für Systeme mit Zwangsbedingungen

Die Konfiguration q wird auf dem Zeitintervall $[t_k,t_{k+1}]$ mit einem Polynom s-ten Grads approximiert. Mit $s+1$ Konfigurationen $q_k=(q_k^0,q_k^1,\dots,q_k^{s-1}, q_k^s)$ an $s+1$ Polynomstützstellen $0=d_0<d_1<\cdots<d_{s-1}<d_s=1$ ist das Polynom $q_d(t;q_k):[0,h]\to Q$ eindeutig definiert. Eine kontinuierliche Approximation auf dem gesamten Zeitintervall $[t_0,t_N]$ ist über die Bedingung $q_k^s=q_{k+1}^0$, $k=0, \dots, N-1$ sicher gestellt. Um die Bewegung auf die $(n-m)$-dimensionale Zwangsmannigfaltigkeit $C=g^{-1}(0)$ zu beschränken, werden Lagrange-Multiplikatoren $\lambda(t)\in\mathbb{R}^m$ eingeführt. Diese werden ebenfalls auf dem Zeitintervall $[t_k,t_{k+1}]$ mit einem Polynom approximiert. Das Polynom $\lambda_d(t;\lambda_k):[0,h]\to\mathbb{R}^m$ ist vom Grad w, mit $w+1$ Lagrange-Multiplikatoren $\lambda_k=(\lambda_k^0,\lambda_k^1,\dots,\lambda_k^{w-1}, \lambda_k^w)$ an $w+1$ Polynomstützstellen $0=\tilde{d}_0<\tilde{d}_1<\cdots<\tilde{d}_{w-1}<\tilde{d}_w=1$.

Die Bedingung $\lambda_k^w=\lambda_{k+1}^0$ sorgt für eine kontinuierliche Approximation auf dem gesamten Zeitintervall. Das Integral der Lagrange Funktion mit Integrationsgrenzen t_k und t_{k+1} wird mit der Quadraturformel $(b_i,c_i)_{i=1}^r$ der Ordnung $ordL$ approximiert, wobei $c_i\in[0,1]$ die Quadraturpunkte und b_i die zugehörigen Gewichte sind. Ist die Bewegung holonom beschränkt, erweitert sich die Wirkung $S(q)$ in (1) um das Integral $\int_{t_0}^{t_N} -g(q)\cdot\lambda\, dt$, welches stückweise auf $[t_k,t_{k+1}]$ mit der Quadraturformel $(e_i,f_i)_{i=0}^z$ der Ordnung $ordZ$ approximiert wird, mit Quadraturpunkten $f_i\in[0,1]$ und Gewichten e_i. Daraus ergibt sich die erweiterte diskrete Lagrange Funktion $\bar{L}_d:Q^{s+1}\times(\mathbb{R}^m)^{w+1}\to\mathbb{R}$ zu

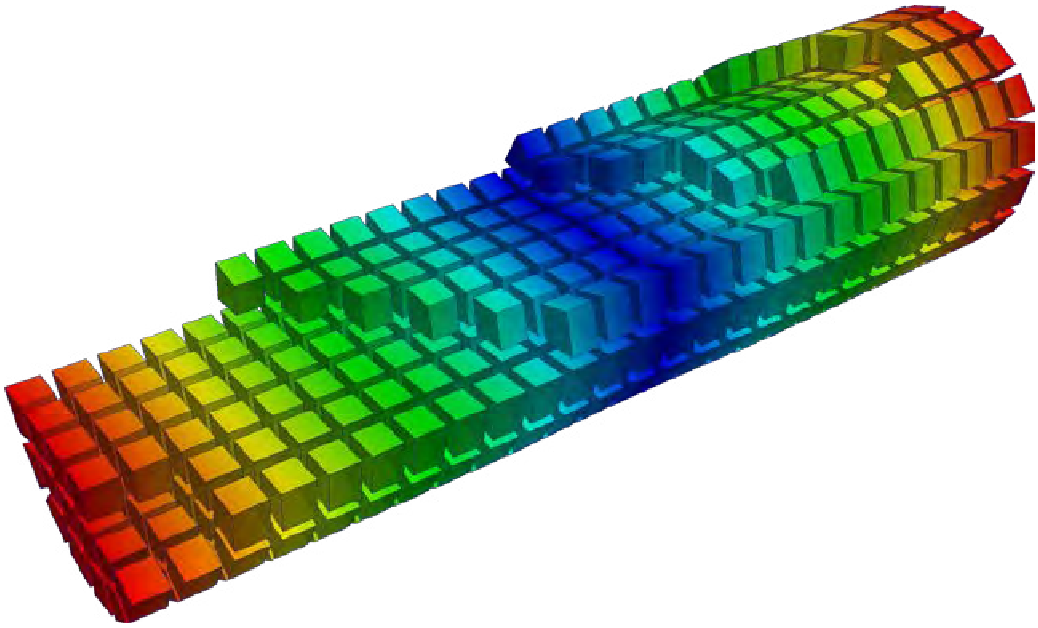


Abb. 4: Diskretisierung des künstlichen Muskels mit finiten Elementen.

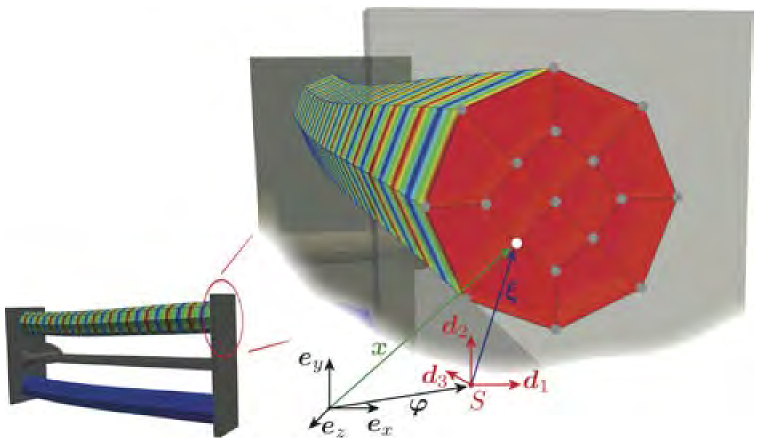


Abb. 5: Kopplung des starren Mehrkörpersystems mit dem flexiblen künstlichen Muskel.

$$\bar{L}_d(q_k,\lambda_k) = h\sum_{i=1}^{r} b_i L\big(q_d(c_i h; q_k), \dot{q}_d(c_i h; q_k)\big) - h\sum_{i=0}^{z} e_i\big(g(q_d(f_i h; q_k)) \cdot \lambda_d(f_i h; \lambda_k)\big)$$

welche aufsummiert über alle Zeitintervalle $[t_k, t_{k+1}], k=0,\dots, N-1$ die erweiterte diskrete Wirkung $\bar{S}_d\,(q_0,\dots,q_N,\lambda_0,\dots,\lambda_N)$ liefert. Aus dem Hamilton Prinzip, angewendet auf $\bar{S}_d$, resultieren die diskreten Euler-Lagrange Gleichungen. Damit die Zahl der diskreten Gleichungen gleich der Zahl der Unbekannten ist, müssen alle Quadraturstützstellen f_i in den Polynomstützstellen $\tilde{d}_j$ von λ_d enthalten sein. Ist zusätzlich $f_z=1$, erfüllen die Stützknoten $q_k^s = q_{k+1}^0$ die Zwangsbedingungen und ein Abdriften der Lösung von C wird verhindert. Die Lobatto Quadratur schließt die Ränder des Integrationszeitintervalls als Quadraturpunkte mit ein, es ist also $f_0=0$ und $f_z=1$. Wird die Lobatto Quadratur verwendet, resultiert daraus die Ungleichung $s \geq w$, die für die lineare Unabhängigkeit der diskreten Gleichungen notwendig ist. Die so konstruierten variationellen Integratoren höherer Ordnung für holonom beschränkte Systeme besitzen die gleichen strukturerhaltenden Eigenschaften, wie die variationellen Integratoren niedriger Ordnung (3). Sie sind also symplektisch und besitzen deswegen ein gutes Langzeitenergieverhalten. Zudem erhalten sie Impulsabbildungen. Die Integratoren mit höherer Ordnung zeigen ihre Stärke, wenn eine hohe Genauigkeit der nu-

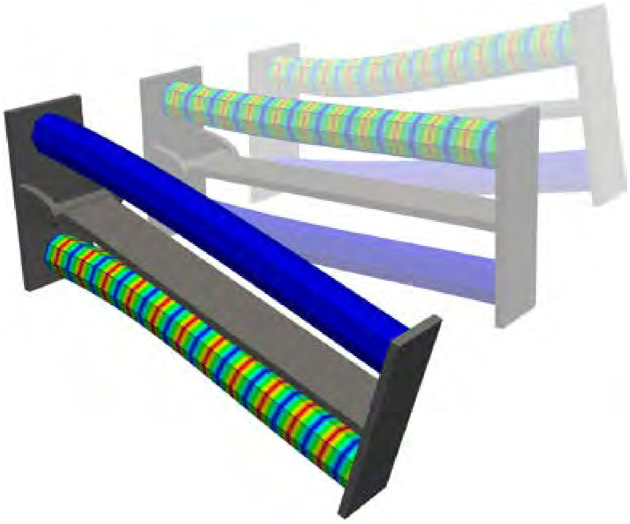


Abb. 6: Von zwei Muskeln in Agonist/Antagonist-Konfiguration aktuiertes Drehgelenk.

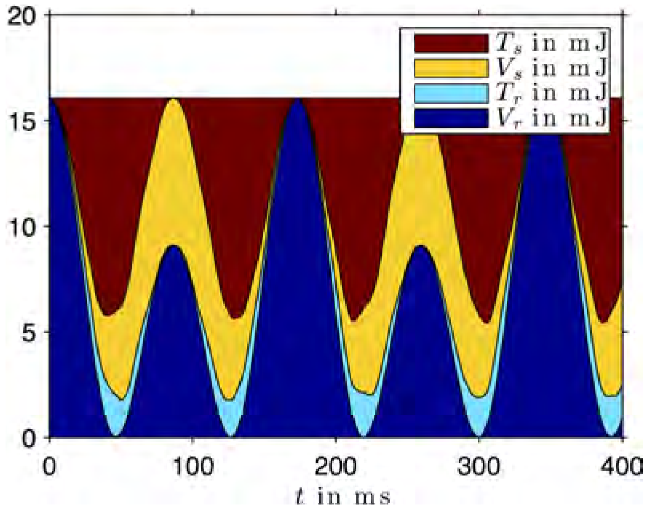


Abb. 7: Kontinuierlicher Energieaustausch des gekoppelten Problems und Erhaltung der Gesamtenergie.

merischen Lösung gefordert ist. Dies wird aus Abbildung 3 ersichtlich, die den Diskretisierungsfehler e_q der Konfiguration q eines Pendels über der Rechenzeit zeigt. Hierbei steht Gau für Gauss-Quadratur und Lob für Lobatto-Quadratur. Details zur Konstruktion und Analyse variationeller Integratoren höherer Ordnung für dynamische Systeme mit Zwangsbedingungen sind in [5] zu finden.

Das elektromechanisch gekoppelte Problem dielektrischer Elastomere

Das elektromechanisch gekoppelte Problem im Inneren des DEAs lässt sich von der elektrischen Seite durch die Maxwell Gleichungen und von der mechanischen Seite durch die Impulsbilanz beschreiben. Die coulombsche Anziehungskraft zwischen elektrischen Ladungen führt zum sogenannten Maxwell-Spannungstensor P^{ele}, welcher elektrische und mechanische Feldgrößen koppelt. Das gekoppelte Problem in materieller Form ist durch

$$\begin{aligned} \nabla_X \cdot (P^{ela} + P^{ele}) + b_0^{mech} &= \rho_0 \ddot{x} && \text{in } \mathcal{B}_0 \\ (P^{ela} + P^{ele}) \cdot \bar{N} &= \bar{T} && \text{in } \partial\mathcal{B}_0 \\ \nabla_X \cdot D &= 0 && \text{in } \mathcal{B}_0 \\ D \cdot \bar{N} &= -\bar{Q} && \text{in } \partial\mathcal{B}_0 \end{aligned}$$

gegeben, wobei P^{ela} der Piola-Kirchhoff Spannungstensor ist, b_0^{mech} eine externe mechanische Volumenkraft, $\ddot{x}$ die absolute Beschleunigung eines Punkts im Kontinuum, $\bar{N}$ der Normalenvektor, $\bar{T}$ eine aufgebrachte Oberflächenspannung, D der elektrische Verschiebungsvektor und $\bar{Q}$ die extern aufgebrachte Ladungsdichte auf dem Rand ∂B_0, welcher den Körper B_0 umschließt. Das partielle Differentialgleichungssystem lässt sich nach Einführung eines elektromechanisch gekoppelten, hyperelastischen Materialansatzes in die schwache Form bringen. Nach der räumlichen Diskretisierung mittels finiter Elemente (siehe Abbildung 4 kann durch Herleiten und Lösen der diskreten Euler-Lagrange-Gleichungen (3) ein variationeller Integrator $F(q_d,u_d)=0$ für das Problem hergeleitet werden [6].
Die durch den Muskel aktuierte Struktur wird als Mehrkörpersystem modelliert, welches starre Körper über Gelenke miteinander verbindet. Die Kopplung zwischen flexiblem Muskel und starrer Kinematik findet auf Lageebene statt. Zwangsbedingungen fixieren ausgewählte Knoten des finite Elemente Modells auf einem Starrkörper, wie in Abbildung 5 zu sehen. Der variationelle Integrator erlaubt es, ohne Indexreduktion das dabei entstehende differential-algebraische Gleichungssystem auf dem diskreten Zeitgitter zu lösen [7]. Außerdem wird zur Beschreibung der Konfiguration des Mehrkörpersystems eine redundante Formulierung genutzt [8]. Dies führt dazu, dass rotatorische Freiheitsgrade vermieden werden und die Kopplung des künstlichen Muskels mit dem Mehrkörpersystem über einen linearen Zusammenhang beschrieben werden kann. Die zugehörige Jacobimatrix der Zwangsbedingungen ist in Folge konstant, was einen positiven Einfluss auf die Rechenzeit hat. Die aufgrund der redundanten Formulierung des Mehrkörpersystems zusätzlich notwendigen Zwangsbedingungen können mittels einer Projektion der Konfigurationsgeschwindigkeiten in den Tangentialraum durch eine Nullraummatrix vermieden werden [9].

Vorwärtsdynamische Simulation eines DEA-aktuierten Mehrkörpersystems

Das in Abbildung 6 gezeigte Modell besteht aus zwei künstlichen Muskeln in Agonist/Antagonist-Konfiguration, welche ein Drehgelenk steuern. Durch das Anlegen einer elektrischen Spannung an den oberen Muskel verkürzt sich dieser, wobei das Gelenk nach oben ausgelenkt wird. Dabei wird der untere, passive Muskel gestreckt. Durch das Anlegen einer Spannung an den unteren Muskel wird das Gelenk analog nach unten ausgelenkt. Es findet ein kontinuierlicher Energieaustausch zwischen kinetischer Energie des Muskels T_r, potentieller Energie des Muskels V_r , kinetischer Energie des Starrkörpers T_s und potentieller Energie des Starrkörpers V_s statt. Die potentielle Energie des Muskels V_r beinhaltet die Deformationsenergie des Kontinuums, die Energie des elektrischen Felds und elektromechanische Kopplungsterme. Abbildung 7 zeigt den Energieaustausch für das konservative Modell ohne Dämpfung für einige Oszillationen. Das gute Energiever-

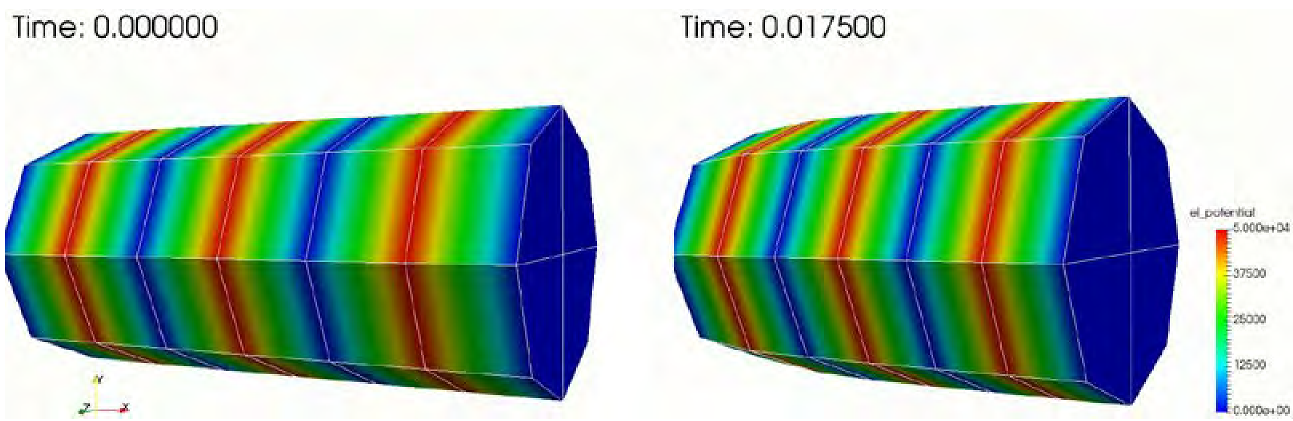


Abb. 8: Ausgangslage (links) und verkürzter Zustand (rechts) eines künstlichen Muskels.

halten des variationellen Integrators ist hier sehr gut zu erkennen. Auch bei einer Langzeitsimulation des konservativen gekoppelten Problems bleibt die Gesamtenergie innerhalb des Energiebands, numerische Dämpfung ist nicht vorhanden. Aufgrund der Skalierung der Achsen in Abbildung 7 ist das (sehr kleine) Energieband nicht zu erkennen und die Gesamtenergie erscheint exakt konstant.

Berücksichtigt man nicht-konservative Beiträge, wie beispielsweise viskoelastisches Materialverhalten des künstlichen Muskels, so wird die kinetische Energie mit fortschreitender Zeit gedämpft und das Drehgelenk nähert sich seinem statischen Gleichgewichtszustand. In diesem Fall bildet der variationelle Integrator den Energieverlust durch das physikalisch motivierte Dämpfungsmodell ab.

Das Beispiel macht eine der Herausforderungen durch künstliche Muskeln aktuierter Kinematiken deutlich: Die mit der elastischen Struktur der Aktoren inhärenten Oszillationen müssen im praktischen Betrieb auf ein Mindestmaß beschränkt werden, um eine schnelle und genaue Positionierung zu ermöglichen.

Optimalsteuerung eines künstlichen Muskels

Abbildung 8 zeigt einen Stapelaktor im Ausgangszustand (links) und im kontrahierten Zustand (rechts). Nach dem Anlegen einer konstanten elektrischen Spannung oszilliert der Muskel einige Sekunden, bevor viskoelastische Effekte die kinetische Energie dämpfen und der Muskel in seinen statischen Gleichgewichtszustand übergeht, wie in Abbildung 9 zu sehen. Diese Schwingung kann durch die Optimierung des angelegten Spannungsprofils vermieden werden. Bei der Lösung des Optimalsteuerungsproblems durch die direkte Transkriptionsmethode DMOCC [10] wird ein endlichdimensionales Optimierungsproblem mit einer zu minimierenden Zielfunktion gelöst, wobei die Integrationsvorschrift des variationellen Integrators $F(q_d u_d)$ als Nebenbedingung der Optimierung berücksichtigt wird. Das Optimierungsproblem nimmt die Form

$$\min_{q_d, u_d} J(q_d, u_d)$$
mit den Nebenbedingungen
$$F(q_d, u_d) = 0$$
$$g(q_d, u_d) = 0$$
$$h(q_d, u_d) \leq 0$$

an, wobei q_d und u_d die diskreten Konfigurationen und Steuergrößen des Systems für alle Zeitschritte enthalten. Zusätzliche Gleichungen g und h berücksichtigen weitere Gleichheits- und Ungleichheitsnebenbedingungen.

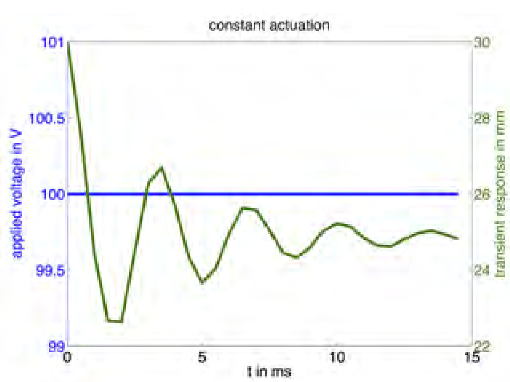


Abb. 9: Schwingung des Aktors beim Anlegen einer konstanten elektrischen Spannung.

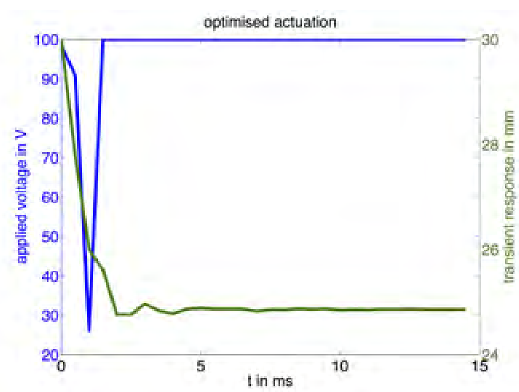


Abb. 10: Vermiedene Schwingung des Aktors beim Anlegen einer optimierten Spannungstrajektorie.

Im vorliegenden Beispiel des kontrahierenden Muskels wird die Zielfunktion J so gewählt, dass mit möglichst wenig Kontrollaufwand der stationäre Zustand erreicht wird. In den Gleichheitsnebenbedingungen g werden unter anderem Anfangs- und Endzustand spezifiziert. Außerdem wird in g berücksichtigt, dass in jeder zweiten Schicht des Stapelaktors dieselbe elektrische Spannung anliegt. Die Ungleichungsnebenbedingungen h schränken beispielsweise die maximal erlaubte elektrische Spannung ein. Die optimierte Steuersequenz und das zugehörige Oszillationsverhalten des Muskels sind in Abbildung 10 dargestellt. Durch Ausnutzung der eigenen Trägheit während der Kontraktion reicht ein anfänglicher elektrischer Spannungsimpuls aus, um den Muskel in seinen Endzustand zu überführen, welchen er ohne überzuschwingen nach sehr kurzer Zeit erreicht. Anschließend wird der Aktor mittels einer konstanten Spannung in diesem Endzustand gehalten.
Die Lösung eines Optimalsteuerungsproblems ist numerisch sehr aufwändig, kann jedoch „offline“ erfolgen. Im Echtzeitbetrieb muss ein geschlossener Regelkreis Abweichungen des echten Systems vom Modell ausgleichen, sowie auf externe Störungen reagieren. Durch die Wahl unterschiedlicher Zielfunktionen kann die Bewegung des humanoiden Roboters an unterschiedliche Anforderungen wie geringer Energieverbrauch, Schnelligkeit oder möglichst menschliche Bewegungen angepasst werden.

Literatur

[1] E. Hairer, G. Wanner und C. Lubich, Geometric Numerical Integration, Bd. 31, Springer, 2006.

[2] J. E. Marsden und M. West, „Discrete mechanics and variational integrators,“ Acta Numerica, Bd. 10, pp. 357-514, 2001.

[3] S. Reich, „Backward error analysis for numerical integrators,“ SIAM Journal on Numerical Analysis, Bd. 36, Nr. 5, pp. 1549-1570, 1999.

[4] S. Leyendecker, J. E. Marsden und M. Ortiz, „Variational integrators for constrained dynamical systems,“ Z. Angew. Math. Mech., Bd. 88, pp. 677-708, 2008.

[5] T. Wenger, S. Ober-Blöbaum und S. Leyendecker, „Construction and analysis of higher order variational integrators for dynamical systems with holonomic constraints,“ Advances in Computational Mathematics, 2017.

[6] T. Schlögl und S. Leyendecker, „Electrostatic-viscoelastic finite element model of dielectric actuators,“ Comput. Methods Appl. Mech. Engrg., Nr. 299, pp. 421-439, 2016.

[7] S. Leyendecker, P. Betsch und P. Steinmann, „The discrete null space method for the energy-consistent integration of constrained mechanical systems. Part III: Flexible multibody dynamics,“ Multibody Syst Dyn , Bd. 19, Nr. 1, pp. 45-72, 2008.

[8] P. Betsch und S. Leyendecker, „The discrete null space method for the energy consistent integration of constrained mechanical systems. Part II: Multibody dynamics,“ Int. J. Numer. Meth. Engng, Bd. 67, pp. 499-552, 2006.

[9] T. Schlögl und S. Leyendecker, „Dynamic simulation of dielectric elastomer actuated multibody systems,“ Proceedings of the ASME 2016 Conference on Smart Materials, Adaptive Structures and Intelligent Systems, Bd. 1, Nr. 9110, 2016.

[10] S. Leyendecker, S. Ober-Blöbaum, J. E. Marsden und M. Ortiz, „Discrete mechanics and optimal control for constrained systems,“ Optim. Control Appl. Meth., 2009.

Sigrid Leyendecker ist Inhaberin des Lehrstuhls für Technische Dynamik der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU). Nach ihrem Diplom in Technomathematik 2002 und anschließender Promotion in der Mechanik 2006 an der Universität Kaiserslautern, verbrachte sie Zeit am California Institute of Technology und an der Freien Universität Berlin, bevor sie in Kaiserslautern 2011 habilitierte. Die Schwerpunkte ihrer Forschungsarbeit liegen in der numerischen Dynamik und Optimalsteuerung für Problemstellungen aus den Ingenieur- und Naturwissenschaften, wie z.B. der Biomechanik und Robotik. Die Entwicklung effizienter numerischer Verfahren steht ebenso im Fokus wie die Modellierung der nichtlinearen Systeme, wobei in einer ganzheitlichen Betrachtung variationelle Formulierungen sowohl auf der Ebene der Dynamik wie auch der Optimalsteuerung und der Numerik eine wichtige Rolle spielen.

Tristan Schlögl schloss sein Maschinenbaustudium am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) 2012 mit einem Diplom ab. Seit 2013 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Technische Dynamik der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU). In seiner Arbeit beschäftigt er sich mit der Modellierung, Simulation und Optimalsteuerung dielektrischer Elastomeraktoren. Seine Forschungsarbeit ist Teil des vom Bayerischen Landesamt für Umwelt geförderten Projekts „Bionicum Forschung – künstliche Muskeln“ der FAU, in dem dielektrische Stapelaktoren hergestellt und als Antrieb in humanoiden Roboterstrukturen verwendet werden.

Theresa Wenger erlangte 2015 ihren Masterabschluss im Fach Maschinenbau an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU). Seitdem ist sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Technische Dynamik an der FAU tätig. Forschungsschwerpunkte sind die Konstruktion und Analyse variationeller Integratoren höherer Ordnung für Multiratensysteme und dynamische Systeme mit Zwangsbedingungen.

Bestsellers from SIAM

TOP SELLING TITLES FROM THE SOCIETY FOR INDUSTRIAL AND APPLIED MATHEMATICS*

ORDER DIRECT AT *BOOKSTORE.SIAM.ORG*

30% OFF LIST PRICE FOR RUNDBRIEF READERS!

1. **Introduction to Linear Algebra, *Fifth Edition***
   Gilbert Strang
   2016 • x + 574 pages • Hard • 978-0-9802327-7-6
   List $95.00 • Rundbrief Readers $66.50 • WC14
   (Includes sales of *Introduction to Linear Algebra, Fourth Edition*, which is now out of print)

2. **Numerical Linear Algebra**
   Lloyd N. Trefethen and David Bau III
   1997 • xii + 361 pages • Soft • 978-0-898713-61-9
   List $69.50 • Rundbrief Readers $48.65 • OT50

3. **Differential Equations and Linear Algebra**
   Gilbert Strang
   2014 • 512 pages • Hard • 978-0980232790
   List $87.50 • Rundbrief Readers $61.25 • WC13

4. **MATLAB Guide, *Third Edition***
   Desmond J. Higham and Nicholas J. Higham
   2017 • xxvi + 476 pages • Hard • 978-1-611974-65-2
   List $62.00 • Rundbrief Readers $43.40 • OT150
   (Includes sales of *MATLAB Guide, Second Edition*, which is now out of print.)

5. **Learning LaTeX, *Second Edition***
   David F. Griffiths and Desmond J. Higham
   2016 • x + 103 pages • Soft • 978-1-611974-41-6
   List $29.00 • Rundbrief Readers $20.30 • OT148
   (Includes sales of the first edition of *Learning LaTeX*, which is now out of print.)

6. **Matrix Analysis and Applied Linear Algebra**
   Carl D. Meyer
   2000 • xii + 718 pages • Hard • 978-0-898714-54-8
   List $110.00 • Rundbrief Readers $77.00 • OT71

7. **Uncertainty Quantification: *Theory, Implementation, and Applications***
   Ralph C. Smith
   2014 • xviii + 382 pages • Hard • 978-1-611973-21-1
   List $76.50 • Rundbrief Readers $53.55 • CS12

8. **Handbook of Writing for the Mathematical Sciences, *Second Edition***
   Nicholas J. Higham
   1998 • xvi + 302 pages • Soft • 978-0-898714-20-3
   List $64.50 • Rundbrief Readers $45.15
   Students $27.50 • OT63

9. **Mathematical Models in Biology**
   Leah Edelstein-Keshet
   2005 • xliii + 586 pages • Soft • 978-0-898715-54-5
   List $66.50 • Rundbrief Readers $46.55 • CL46

10. **A First Course in Numerical Methods**
    Uri Ascher and Chen Greif
    2011 • xxii + 552 pages • Soft • 978-0-89871-97-0
    List $101.00 • Rundbrief Readers $70.70 • CS07

11. **Finite Difference Methods for Ordinary and Partial Differential Equations: *Steady-State and Time-Dependent Problems***
    Randall J. LeVeque
    2007 • xvi + 341 pages • Soft • 978-0-898716-29-0
    List $72.00 • Rundbrief Readers $50.40 • OT98

12. **Approximation Theory and Approximation Practice**
    Lloyd N. Trefethen
    2012 • viii + 305 pages • Soft • 978-1-611972-39-9
    List $53.50 • Rundbrief Readers $37.45 • OT128

13. **Insight Through Computing: *A MATLAB Introduction to Computational Science and Engineering***
    Charles F. Van Loan and K.-Y. Daisy Fan
    2009 • xviii + 434 pages • Soft • 978-0-898716-91-7
    List $65.50 • Rundbrief Readers $45.85 • OT117

14. **Computational Science and Engineering**
    Gilbert Strang
    2007 • xii + 713 pages • Hard • 978-0-961408-81-7
    List $90.00 • Rundbrief Readers $63.00 • WC07

15. **Game Theory with Engineering Applications**
    Dario Bauso
    2016 • xxiv + 292 pages • Soft • 978-1-611974-27-0
    List $82.50 • Rundbrief Readers $57.75 • DC30

16. **Dynamic Mode Decomposition: *Data-Driven Modeling of Complex Systems***
    J. Nathan Kutz, Steven L. Brunton, Bingni W. Brunton, and Joshua L. Proctor
    2016 • xvi + 234 pages • Soft • 978-1-611974-49-2
    List $69.00 • Rundbrief Readers $48.30 • OT149

17. **Phylogeny: *Discrete and Random Processes in Evolution***
    Mike Steel
    2016 • xvi + 293 pages • Soft • 978-1-611974-47-8
    List $64.00 • SIAM/CBMS Members $44.80 • CB89

18. **Introduction to Nonlinear Optimization: *Theory, Algorithms, and Applications with MATLAB***
    Amir Beck
    2014 • xii + 282 pages • Soft • 978-1-611973-64-8
    List $92.00 • Rundbreif Readers $64.40 • MO19

19. **Mathematics and Climate**
    Hans Kaper and Hans Engler
    2013 • xx + 295 pages • Soft • 978-1-611972-60-3
    List $61.50 • Rundbrief Readers $43.05 • OT131

20. **Ordinary Differential Equations and Linear Algebra: *A Systems Approach***
    Todd Kapitula
    2015 • xii + 300 pages • Soft • 978-1-611974-08-9
    List $79.00 • Rundbrief Readers $55.30 • OT145

21. **Vehicle Routing: *Problems, Methods, and Applications, Second Edition***
    Paolo Toth and Daniele Vigo
    2015 • xviii + 463 pages • Soft • 978-1-611973-58-7
    List $119.00 • SIAM/MOS Members $83.30 • MO18

22. **Linear and Nonlinear Optimization, *Second Edition***
    Igor Griva, Stephen G. Nash, and Ariela Sofer
    2008 • xxii + 742 pages • Hard • 978-0-898716-61-0
    List $108.00 • Rundbrief Readers $75.60 • OT108

23. **Lectures on BSDEs, Stochastic Control, and Stochastic Differential Games with Financial Applications**
    René Carmona
    2016 • x + 265 pages • Soft • 978-1-611974-23-2
    List $84.00 • Rundbrief Readers $58.80 • FM01

T24. Inverse Scattering Theory and Transmission Eigenvalues
Fioralba Cakoni, David Colton, and Houssem Haddar
2016 • x + 193 pages • Soft • 978-1-611974-45-4
List $59.00 • SIAM/CBMS Members $41.30 • CB88

T24. Applied Numerical Linear Algebra
James W. Demmel
1997 • xii + 419 pages • Soft • 978-0-898713-89-3
List $85.00 • Rundbrief Readers $59.50 • OT56

**SIAM's bestselling titles for the 12 months ended April 30, 2017. Sales are from all sources, including SIAM, online retailers, and SIAM's distribution partners.*

ALL PRICES ARE IN US DOLLARS.

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

Jun.-Prof. Dr.-Ing. Charlotte Kuhn

studierte an der Technischen Universität Darmstadt Mathematik mit Schwerpunkt Technik und Naturwissenschaften und erwarb ihr Diplom in 2007 mit Auszeichnung. Die Diplomarbeit befasste sich mit Zeitintegrationsverfahren höherer Ordnung für Plastizitätsmodelle mit Fließfläche und wurde unter Betreuung von Priv.-Doz. Dr.-Ing. Bernhard Eidel am Institut für Werkstoffe und Mechanik im Bauwesen angefertigt. Anschließend begann sie ihre Promotion im Fachgebiet Festkörpermechanik an der Technischen Universität Darmstadt und wechselte 2009 an den Lehrstuhl für Technische Mechanik der Technischen Universität Kaiserslautern, wo die Promotion 2013 abgeschlossen wurde. Ihre Dissertation über Phasenfeldmodelle in der Bruchmechanik wurde mit dem Preis der Familie Dr. Jürgen Ziegler-Stiftung und dem Dr.-Körper-Preis der GAMM ausgezeichnet. Seit 2013 ist Charlotte Kuhn Juniorprofessorin für Computational Mechanics im Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik der Technischen Universität Kaiserslautern. Ihre derzeitigen Forschungsarbeiten sind in mehrere interdisziplinäre koordinierte Forschungsvorhaben eingebunden und befassen sich mit Phasenfeldmodellen sowie Prozesssimulationen auf unterschiedlichen Skalen.

STECKBRIEF

In ihren Forschungsarbeiten beschäftigt sich Frau Kuhn mit der Entwicklung und numerischen Umsetzung nichtlinearer Materialmodelle, wobei Hauptaugenmerke auf Phasenfeldmodellen und bruchmechanischen Fragestellungen liegen.

Zum Ende ihres Studiums der Mathematik mit Schwerpunkt Technik und Naturwissenschaften an der Technischen Universität Darmstadt fand sie über ihre Diplomarbeit am Institut für Werkstoffe und Mechanik im Bauwesen ihren Weg in die numerische Mechanik. Die Diplomarbeit befasste sich mit dem Problem der Ordnungsreduktion von Zeitintegrationsverfahren höherer Ordnung (z.B. mehrstufige Runge-Kutta Verfahren) bei der Anwendung auf die Evolutionsgleichungen der inneren Variablen von Plastizitätsmodellen mit Fließfläche. Im Rahmen der Diplomarbeit wurde aufgeklärt, warum Verfahren höherer Ordnung ihre volle Konvergenzordnung nicht erreichen, wenn sie in einen Return-Mapping Algorithmus auf Elementebene implementiert werden. Hauptsächlich liegt das an einer zu ungenauen Approximation der Verzerrungen über den betrachteten Zeitschritt; zudem spielen Unstetigkeiten beim Erreichen der Fließfläche eine Rolle. Durch eine verbesserte Approximation der Verzerrungen können insbesondere bei Materialmodellen ohne Fließfläche höhere Konvergenzordnungen erzielt werden, [1].

Seit Beginn ihrer Promotionszeit beschäftigt sich Frau Kuhn mit der Phasenfeldmodellierung von Bruchvorgängen, [2]. Risse werden hierbei nicht explizit als Materialgrenzen sondern mit Hilfe eines stetigen Ordnungsparameters modelliert. Die mechanischen Feldgleichungen und die Evolutionsgleichung für den Ordnungsparameter werden aus einem geeigneten Energiefunktional abgeleitet und bilden ein gekoppeltes Mehrfeldproblem, dessen Lösung sowohl die mechanischen Felder als auch die Risstopologie liefert.

Der Modellierungsansatz hat in der numerischen Bruchmechanik während dieser Zeit enorm an Popularität gewonnen. Das liegt einerseits daran, dass zur Bestimmung der Richtung des Risswachstums oder für etwaige Rissverzweigung keine zusätzlichen Kriterien formuliert werden müssen. Zudem ist die Phasenfeldbeschreibung für Finite Elemente Simulationen vorteilhaft, da Risse nicht explizit in der Diskretisierung oder durch spezielle Ansatzfunktionen (XFEM) modelliert werden müssen.

Zur hinreichend genauen Auflösung des Übergangsbereichs des Ordnungsparameters ist jedoch mit herkömmlichen Elementen eine sehr feine Diskretisierung nötig. Speziell entwickelte exponentielle Ansatzfunktionen erlauben eine effizientere Diskretisierung, [3]. Zur Akzeptanz der Phasenfeldmethode in der Bruchmechanik haben auch Arbeiten beigetragen, die anhand von Konfigurationskräften zeigen, dass das Risswachstum im Phasenfeldmodell konsistent mit klassischen Kriterien der linearen Bruchmechanik ist. Zudem erlaubt die Auswertung der Konfigurationskräfte eine anschauliche Visualisierung der risstreibenden Mechanismen, wodurch beispielsweise bei der Analyse von heterogenen Strukturen zusätzliche Schlüsse aus den Simulationsergebnissen gezogen werden können, [4].

Ein wichtiges Resultat für den praktischen Einsatz von Phasenfeldmodellen ist die Beobachtung, dass der Regularisierungsparameter, der die Breite des Übergangsbereichs des Ordnungsparameters festlegt, mit der kritischen Spannung für die Entstehung neuer Risse zusammenhängt. Der vermeidlich rein numerische Regularisierungsparameter ist so mit messbaren Materialkennwerten verknüpft. Eine entscheidende Rolle spielt hierbei auch die Degradationsfunktion, über die die Steifigkeit mit dem Ordnungsparameter gekoppelt ist, [5].

Seit ihrer Berufung auf die Junior Professur ist Frau Kuhn in mehrere koordinierte Forschungsvorhaben der DFG ein gebunden und Mitglied im GAMM Fachausschuss Phasenfeldmodellierung. Im Rahmen der Arbeiten im Internationalen Graduiertenkolleg IRTG 2057 wird eine dynamische Formulierung des Modells untersucht, [6]. Ein besonders hervorzuhebendes Ergebnis dieser Arbeiten ist, dass mit dem dynamischen Phasenfeldmodell transsonische Rissphänomene simuliert werden können, die gut zu experimentellen Messungen und Ergebnissen aus molekulardynamischen Simulationen passen, [7]. Im Schwerpunktprogramm SPP 1748 wurde das ursprünglich für Sprödbruch formulierte Modell auf duktile Bruchvorgänge erweitert, [8]. In einem gemeinsamen Projekt mit dem Lehrstuhl für Fertigungstechnik und Betriebsorganisation wird innerhalb des SFB 926 der Einfluss der Kornstruktur von Titanwerkstoffen auf die Fertigungsergebnisse beim Mikrofräsen untersucht, [9]. In einem weiteren Teilprojekt wird mit Hilfe eines gekoppelten Phasenfeldmodells für martensitische Phasentransformationen und Bruch die Wechselwirkung zwischen Risswachstum und der Phasenumwandlung untersucht, [10].

Literatur

[1] B. Eidel and C. Kuhn, Order reduction in computational inelasticity: Why it happens and how to overcome it –The ODE-case of viscoelasticity, Int. J. Numer. Meth. Engng., 87/11:1046-1073, 2011.

[2] C. Kuhn and R. Müller, A continuum phase field model for fracture, Eng. Fract. Mech., 77/18: 3625-3634, 2010.

[3] C. Kuhn and R. Müller, A new finite element technique for a phase field model of brittle fracture, J. Theor. Appl. Mech., 49/4:115-1133, 2011.

[4] C. Kuhn and R. Müller, A discussion of fracture mechanisms in heterogeneous materials by means of configurational forces in a phase field fracture model, Comput. Methods Appl. Mech. Engrg., 312:95-116, 2016.

[5] C. Kuhn, A. Schlüter and R. Müller, On degradation functions in phase field fracture models, Comp. Mater. Sci., 108:374-384, 2015.

[6] A. Schlüter, A. Willenbücher, C. Kuhn and R. Müller, Phase field approximation of dynamic brittle fracture, Comput. Mech., 54/5: 1141-1161, 2014.

[7] A. Schlüter, C. Kuhn, R. Müller and D. Gross, An investigation of intersonic fracture using a phase field model, Arch. Appl. Mech., 86/1:321-333, 2016.

[8] C. Kuhn, T. Noll and R. Müller, On phase field modeling of ductile fracture, GAMM-Mitt., 39/1:35-54, 2016.

[9] C. Kuhn, R. Lohkamp, F. Schneider, J.C. Aurich and R. Müller, Finite element computation of discrete configurational forces in crystal plasticity, Int. J. Solids Struct., 56-57:62-77, 2015.

[10] R. Schmitt, C. Kuhn, R. Skorupski, M. Smaga, D. Eifler and R. Müller, A combined phase field approach for martensitic transformations and damage, Arch. Appl. Mech., 85/9-10:1459-1468, 2015.

Kontakt

Jun.-Prof. Dr.-Ing. Charlotte Kuhn
Computational Mechanics
Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik
Technische Universität Kaiserslautern
Postfach 3049
67653 Kaiserslautern
Email: chakuhn@rhrk.uni-kl.de

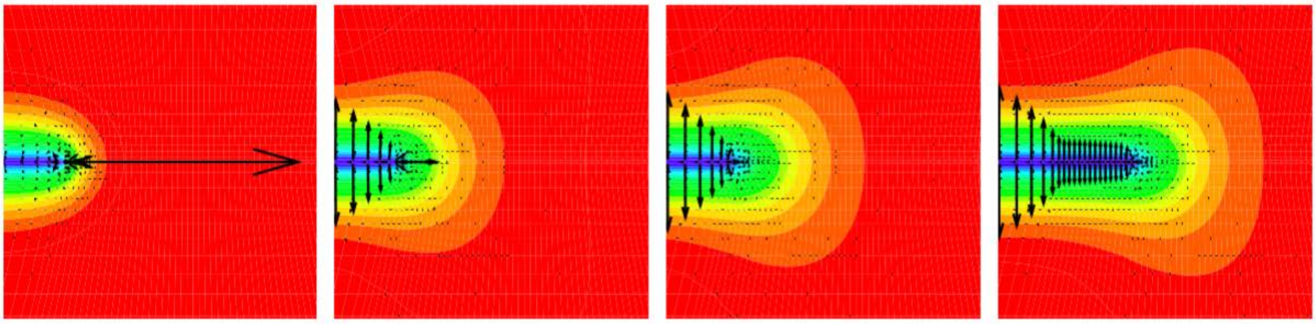


Abb. 1: Rissfeld und Konfigurationskräfte unter verschiedenen Modus-I Belastungszuständen (v.l.n.r.): unbelastet, unterkritisch, kritisch, Risswachstum.

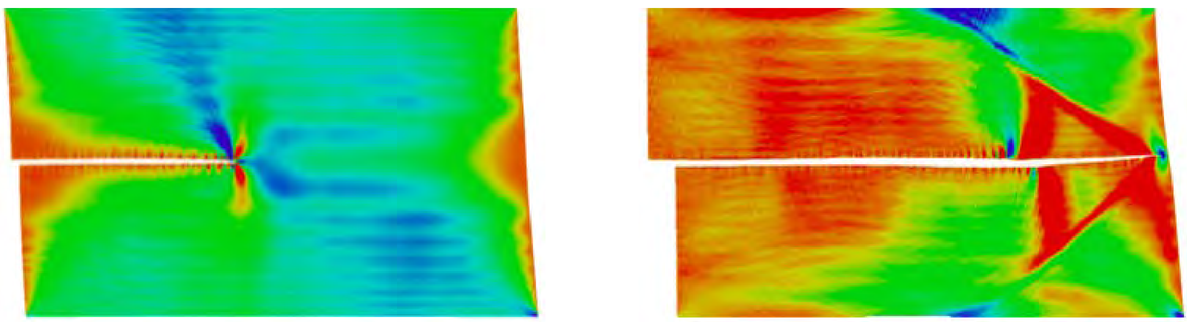


Abb. 2: Schubspannung im dynamischen Phasenfeldmodell bei gemischter Modus-I/II Belastung. Rissgeschwindigkeit unterhalb der Rayleigh Geschwindigkeit (links) und oberhalb der Scherwellengeschwindigkeit (rechts). Gebrochenes Material ist ausgeblendet.

Dr. Tobias Breiten

studierte Technomathematik an der Technischen Universität Kaiserslautern. Sein Studium mit dem Schwerpunkt „System- und Kontrolltheorie" schloss er 2009 mit dem Diplom ab. Im Anschluss daran begann er sein Promotionsstudium an der Technischen Universität in Chemnitz, das er, mit dem Wechsel seines Doktorvaters Prof. Peter Benner an das Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme, in Magdeburg fortsetzte. Als Mitglied der „International Max Planck Research School" wurde er im Jahre 2013 von der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg promoviert. Seit September 2013 forscht er im Rahmen einer Assistenzprofessur in der von Prof. Karl Kunisch geleiteten Arbeitsgruppe „Optimization and Optimal Control" an der Karl-Franzens-Universität Graz.

Seit seiner Diplomarbeit an der TU Kaiserslautern ist die Modellreduktion von dynamischen Regelungssystemen ein zentraler Bestandteil der Forschung von Tobias Breiten. Ziel hierbei ist die Approximation eines gegebenen Systems mit vielen Freiheitsgraden, wie es etwa durch die Semidiskretisierung partieller Differentialgleichungen entsteht, durch ein reduziertes System von deutlich kleinerer Dimension, sodass für dieses die Simulation, Analyse und Optimierung effizient und möglichst originalgetreu durchgeführt werden kann. Ein besonderes Augenmerk gilt den bilinearen Regelungssystemen, die sich durch eine multiplikative Kopplung aus Zustand und Kontrolle auszeichnen. Gemeinsam mit seinem Diplomarbeitsbetreuer Prof. Tobias Damm hat Tobias Breiten interpolatorische Reduktionsmethoden, die auf speziellen Krylovräumen basieren, untersucht [1]. Während seiner Promotionszeit vertiefte er diese Arbeiten weiter und entwickelte, gemeinsam mit Prof. Peter Benner, einen iterativen Algorithmus für die lokale Minimierung eines verallgemeinerten H2-Fehlers [2]. Ein wesentlicher Bestandteil ist hierbei die effiziente Berechnung von Lösungen von verallgemeinerten linearen Matrixgleichungen mit dünnbesetzten Matrizen. Aufgrund der quadratisch anwachsenden Anzahl an Unbekannten, sind Approximationsmethoden oft unumgänglich. Andererseits besitzt die Lösung, unter bestimmten Voraussetzungen an die vorkommenden Matrizen, einen geringen numerischen Rang [3], sodass entsprechende Niedrigrangmethoden für verallgemeinerte Lyapunovgleichungen entwickelt werden können. Diese sind auch noch für großskalige partielle Differentialgleichungen anwendbar. Das Niedrigrang-Phänomen haben sich Dr. Martin Stoll und Tobias Breiten auch im Bereich der Optimierung mit partiellen Differentialgleichungen zu Nutze gemacht [4]. Seit seinem Wechsel an die Karl-Franzens-Universität Graz beschäftigt sich Tobias Breiten verstärkt mit der Entwicklung und Analyse von (sub-)optimalen Feedback-Steuerungen für nichtlineare dynamische Systeme. Im Mittelpunkt stehen dabei gekoppelte Systeme bestehend aus partiellen (PDE) und gewöhnlichen (ODE) Differentialgleichungen, wie sie zum Beispiel in der Herz-Elektrophysiologie in Form der Monodomain-Gleichungen vorkommen. Unerwünschte Effekte wie Arrhythmien können hier durch Spiralwellen und „re-entry" Phänomene modelliert werden. Ziel der von Tobias Breiten und Prof. Karl Kunisch untersuchten Methoden [5] ist vor diesem Hintergrund die Stabilisierung dieser Systeme um einen gewünschten, Arrhythmie-freien Zustand, wie man es sich durch den äußeren Eingriffs eines Defibrillators vorstellen kann. Eine wesentliche Schwierigkeit bei gekoppelten PDE-ODE Systemen ist das Auftreten eines endlichen Häufungspunktes im Spektrum des zugrundeliegenden Operators. Unter anderem verhindert diese Eigenschaft die Nullkontrollierbarkeit des unendlich-dimensionalen Systems [6]. Dennoch ist es möglich das System lokal zu stabilisieren und, bis zu einem gewissen Grad, kann sogar eine exponentiell schnelle Stabilisierung erreicht werden [5]. Das zentrale Hilfsmittel bei den untersuchten Feedback-Steuerungen ist eine algebraische Operator-Riccatigleichung, die lediglich auf der linearisierten PDE (ohne ODE-Kopplung) basiert. Im Hinblick auf nicht vorhandene Zustandsmessungen haben sich Tobias Breiten und Prof. Karl Kunisch darüber hinaus mit dem Entwickeln eines geeigneten Zustandsschätzers auseinandergesetzt [6]. Außerdem wurde gezeigt, dass das unendlich-dimensionale System mittels eines

STECKBRIEF

endlich-dimensionalen reduzierten Systems lokal stabilisiert werden kann. Im Hinblick auf Modellreduktion für allgemeinere, lineare Systeme, hat sich Tobias Breiten mit Erweiterungen der Methode des balancierten Abschneidens beschäftigt [7]. Diese Ansätze lassen sich neben den obigen PDE-ODE Systemen auch auf zeit-fraktionale Systeme, sowie Volterra-Integrodifferentialgleichungen anwenden. In jüngster Zeit beschäftigt er sich gemeinsam mit Prof. Karl Kunisch und seinem Kollegen Dr. Laurent Pfeiffer mit Taylorapproximation der optimalen Wertefunktion für bilineare Regelungssysteme. Insbesondere werden diese Verfahren hinsichtlich ihrer Einsetzbarkeit für Optimalsteuerungsprobleme der Fokker-Planck-Gleichung studiert.

Literatur

[1] T. Breiten, T. Damm, Krylov subspace methods for model order reduction of bilinear control systems, Systems & Control Letters, 50:443-450, 2010.

[2] P. Benner, T. Breiten, Interpolation-Based H2-Model Reduction of Bilinear Control Systems, SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications, 33:859-885, 2012.

[3] P. Benner, T. Breiten, Low rank methods for a class of generalized Lyapunov equations and related issues, Numerische Mathematik, 124:441-470, 2013.

[4] M. Stoll, T. Breiten, A low-rank in time approach to PDE-constrained optimization, SIAM Journal on Scientific Computing, 37(1):B1-B29, 2015.

[5] T. Breiten, K. Kunisch, Riccati-based feedback control of the monodomain equations with the FitzHugh-Nagumo model, SIAM Journal on Control and Optimization, 52:4057-4081, 2014.

[6] T. Breiten, K. Kunisch, Compensator design for the monodomain equations with the FitzHugh-Nagumo model, ESAIM: Control, Optimisation and Calculus of Variations, 23(1):241-262, 2017.

[7] T. Breiten, Structure-preserving model reduction for integro-differential equations, SIAM Journal on Control and Optimization, 54(6):2992-3015, 2016

Kontakt

Dr. Tobias Breiten
Institut für Mathematik und Wissenschaftliches Rechnen
Karl-Franzens-Universität Graz
Heinrichstraße 36
8010 Graz
Österreich
Email: tobias.breiten@uni-graz.at

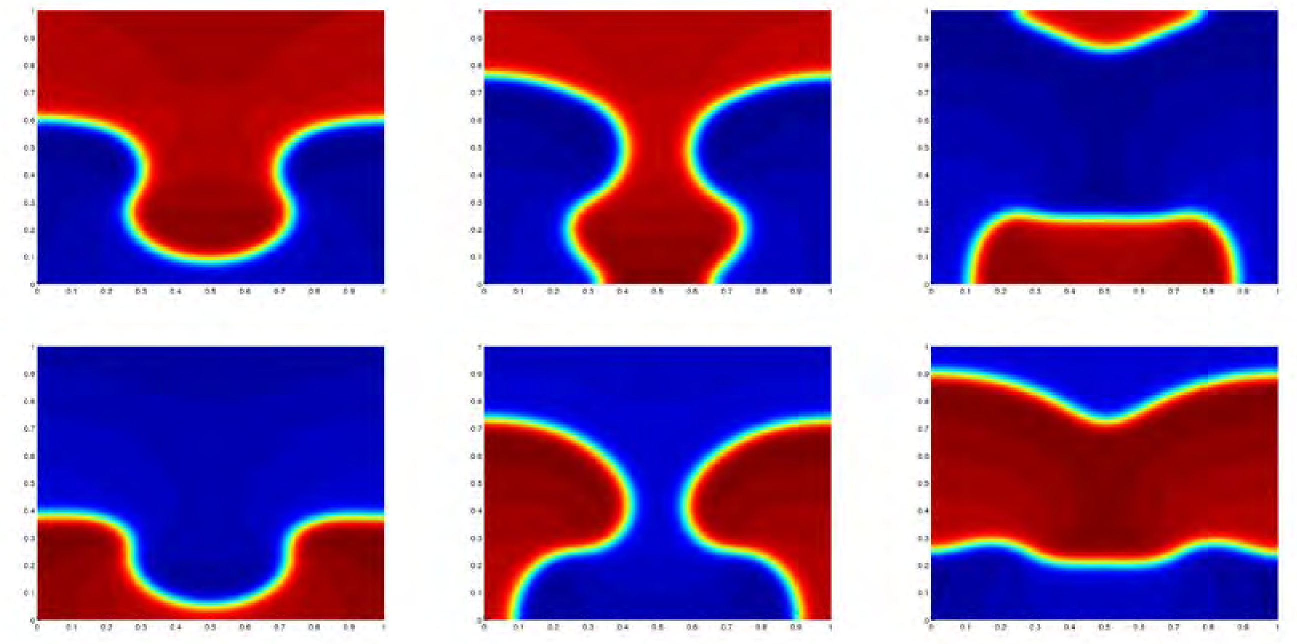


Abb. 1: Ausbreitung von unerwünschten „re-entry“ Wellen für die Monodomain-Gleichung.

YAMM – KARRIERETIPPS IN DER MITTAGSPAUSE

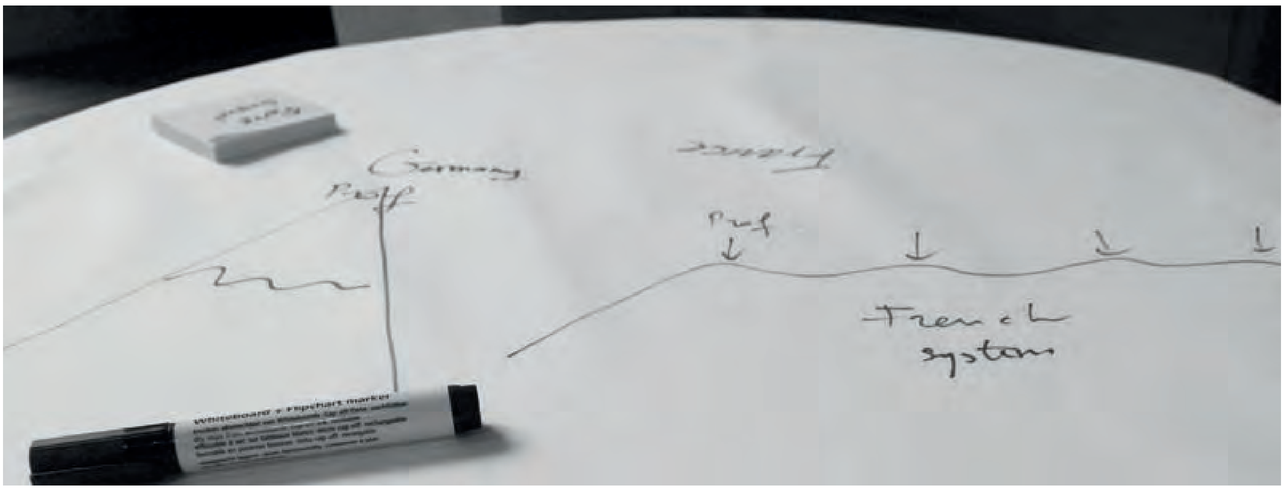
VON MELANIE TODT & DOMINIK KERN

Auf der GAMM Jahrestagung Ilmenau@Weimar fand zum ersten Mal die Young Academics in Applied Mathematics and Mechanics (YAMM)-Session statt. Hinter diesem Begriff verbergen sich Diskussionen und Erfahrungsaustausch zwischen NachwuchswissenschaftlerInnen und erfahrenen AkademikerInnen verschiedener Karrierestufen. Bei Letzteren handelte es sich um erfahrene Post-Docs, Junior-ProfessorInnen, etablierte ProfessorInnen mit eigener Arbeitsgruppe und die einen Tag zuvor ausgezeichneten von-Mises-Preisträger. Die diesjährige Veranstaltung stand unter der Überschrift "Karrieremöglichkeiten von NachwuchswissenschaftlerInnen". Als Diskussionsformat wurden kleinere Tischrunden gewählt, welche einen intensiven Austausch zwischen den Teilnehmenden ermöglichten. Damit niemand hungrig in die anschließenden Vorträge gehen musste, wurden Snacks und Getränke angeboten.

Während der Tischgespräche entspann sich eine angeregte Diskussion über die Unterschiede der Förderungs- bzw. Karrieremodelle in verschiedenen Ländern sowie über die Herausforderung Familie und eine akademische Karriere zu vereinbaren.

Das große Interesse aller Teilnehmenden, die wertvollen Informationen der geladenen Experten und die intensiven Diskussionen machten die YAMM zu einem vollen Erfolg. Umso mehr freuen wir uns, ankündigen zu dürfen, dass die YAMM auf der GAMM 2018 in München eine Fortsetzung finden wird. Schwerpunkt der kommenden Veranstaltung wird erneut das Thema "Karrieremöglichkeiten von NachwuchswissenschaftlerInnen" sein.

Der Dank der GAMM-Junioren gebührt dem lokalen Organisationskomitee für die Unterstützung bei der Durchführung der YAMM.



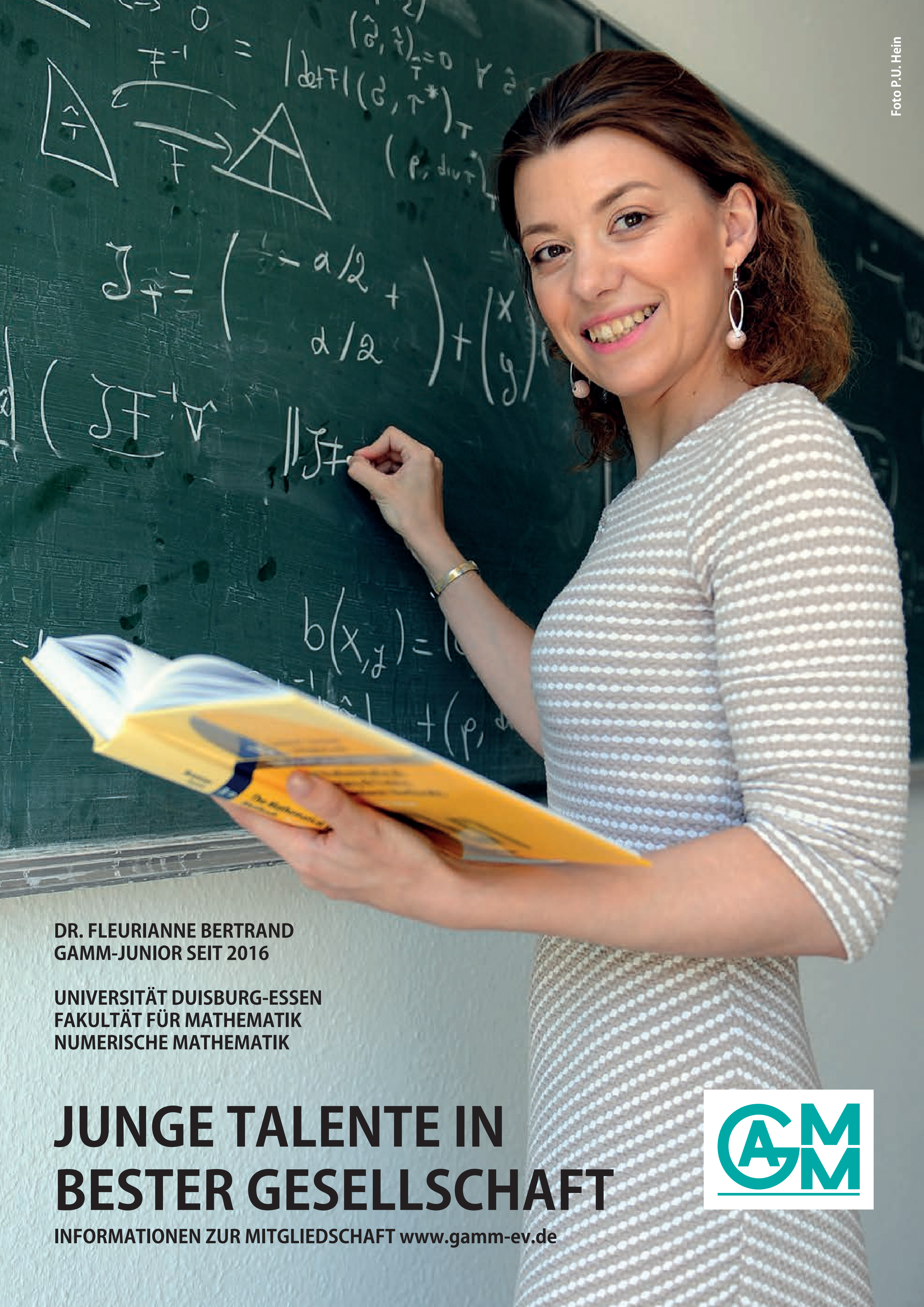
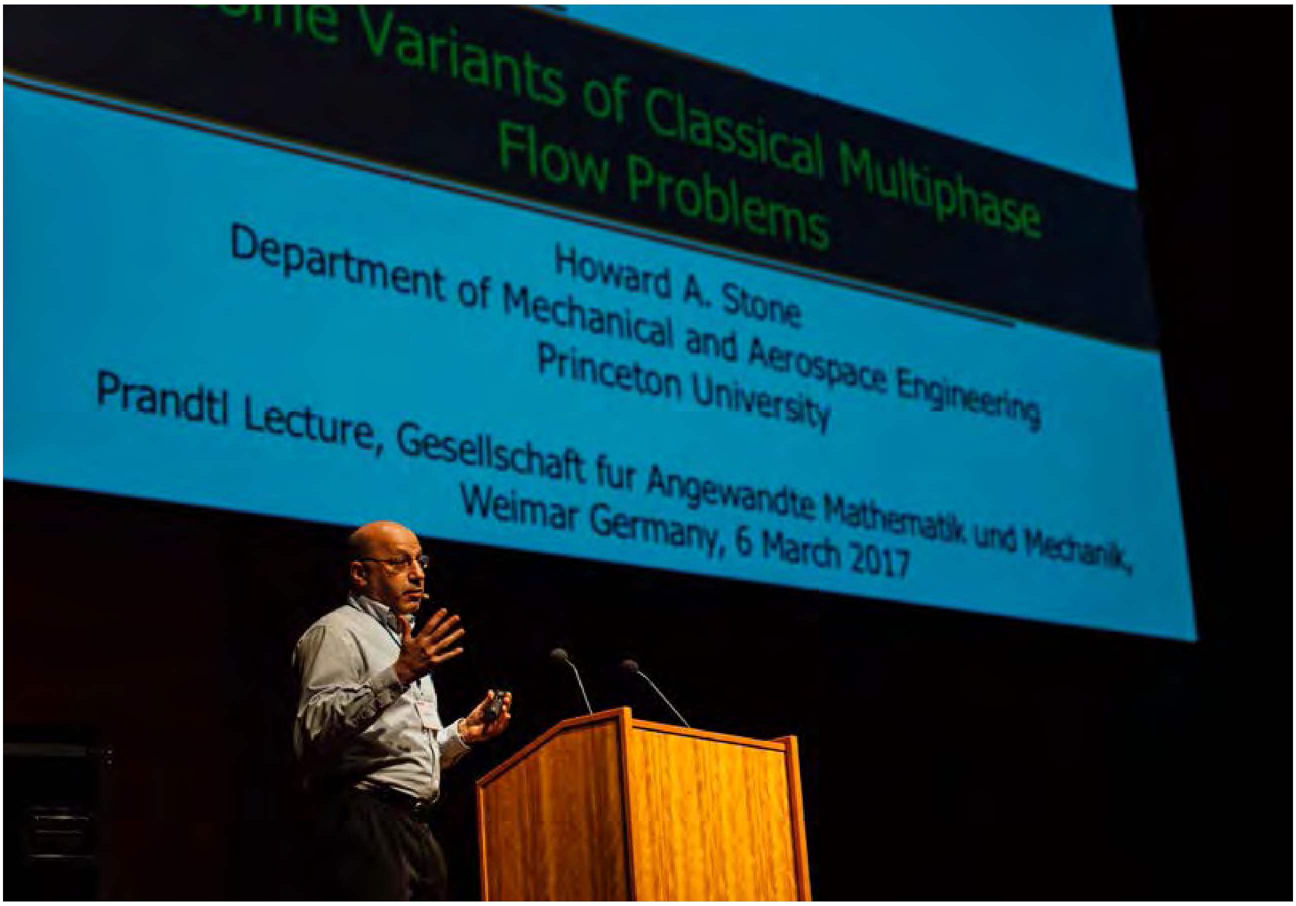


Foto P.U. Hein
DR. FLEURIANNE BERTRAND
GAMM-JUNIOR SEIT 2016
UNIVERSITÄT DUISBURG-ESSEN
FAKULTÄT FÜR MATHEMATIK
NUMERISCHE MATHEMATIK
JUNGE TALENTE IN
BESTER GESELLSCHAFT
INFORMATIONEN ZUR MITGLIEDSCHAFT www.gamm-ev.de

LAUDATIO AUF DEN GASTREDNER DR. HOWARD A. STONE BEI DER LUDWIG-PRANDTL-GEDÄCHTNISLESUNG

VON MARTIN OBERLACK



Howard A. Stone is the Donald R. Dixon '69 and Elizabeth W. Dixon Professor in Mechanical and Aerospace Engineering at Princeton University. Stone is a fluid dynamicist who uses experiments, theory and numerical simulations to study transport problems at the intersections of engineering, biology, physics and applied mathematics.
He has contributed original research to various problems of multiphase flow and microfluidics including studies and applications involving bubbles and droplets, red blood cells, bacteria, chemical kinetics, etc.
Stone received the Bachelor of Science degree in Chemical Engineering from the UC Davis in 1982 and the PhD in Chemical Engineering from Caltech in 1988. In 1989 Stone joined the faculty of the School of Engineering and Applied Sciences at Harvard University, where he eventually became the Vicky Joseph Professor of Engineering and Applied Mathematics.
In 2000 he was named a Harvard College Professor for his contributions to undergraduate education. In July 2009 Stone moved to Princeton University, where he is currently the Chair of the Department of Mechanical and Aerospace Engineering.
He is a Fellow of the APS and is past Chair of the Division of Fluid Dynamics. In 2008 he was the first recipient of the G.K. Batchelor Prize in Fluid Dynamics and in 2016 he received the APS Fluid Dynamics Prize. He was elected to the National Academy of Engineering in 2009, the American Academy of Arts and Sciences in 2011, and the National Academy of Sciences in 2014.
Currently he is an Associate Editor of Physical Review Fluids, among his editorial and advisory roles for several journals.

ILMENAU@WEIMAR 2017


DFG
DFG-Förderung
DFG

GAMM 2017 IN ILMENAU@WEIMAR

VON CARSTEN KÖNKE (BU WEIMAR) & CARSTEN TRUNK (TU ILMENAU)

Vom 6.-10. März 2017 fand die 88. GAMM-Jahrestagung in Weimar statt.

Für Fotos von der Tagung verweisen wir auf die Webpräsenz www.gamm2017.de

Erstmalig in der Geschichte der GAMM wurde die GAMM-Jahrestagung von zwei Universitäten ausgerichtet, der Technischen Universität Ilmenau und der Bauhaus-Universität Weimar. Zwar ist die TU Ilmenau die größere der beiden Universitäten, aber Weimar erschien dann, auch wegen der Weimarhalle, als der bessere Austragungsort. So war bereits zur Eröffnung am Montag, dem 6. März 2017, der große Saal der Weimarhalle sehr gut besucht, was vielleicht auch daran lag, dass der Thüringer Ministerpräsident Bodo Ramelow die ersten Grußworte sprach, gefolgt vom Weimarer Oberbürgermeister, den Rektoren der beiden Universitäten in Weimar und Ilmenau und unserer Präsidentin Heike Faßbender. Mit 965 angemeldeten Teilnehmern gehört die GAMM 2017 mit zu den am besten besuchten Veranstaltungen in der Geschichte der bisherigen GAMM-Jahrestagungen. Das Conference Office ermöglichte dank des großen Engagements der dortigen Mitstreiterinnen und Mitstreiter einen reibungslosen Check-In und eine optimale Betreuung der Konferenzteilnehmer bei allen anstehenden Fragen.

Im Gegensatz zu den Gepflogenheiten der letzten Jahre hatten wir uns entschieden, am Montagabend zu einem Abendessen mit musikalischer Umrahmung durch die Köstritzer Jazzband einzuladen. Angeboten wurden die Thüringer Klassiker „Rostbratwurst und Rostbrätl“. Die 1000 Rostbratwürste waren leider schneller verschwunden, als es uns lieb war. Dafür erhielten wir aber aus der Reihe der Doktoranden sehr viel positives Feedback!

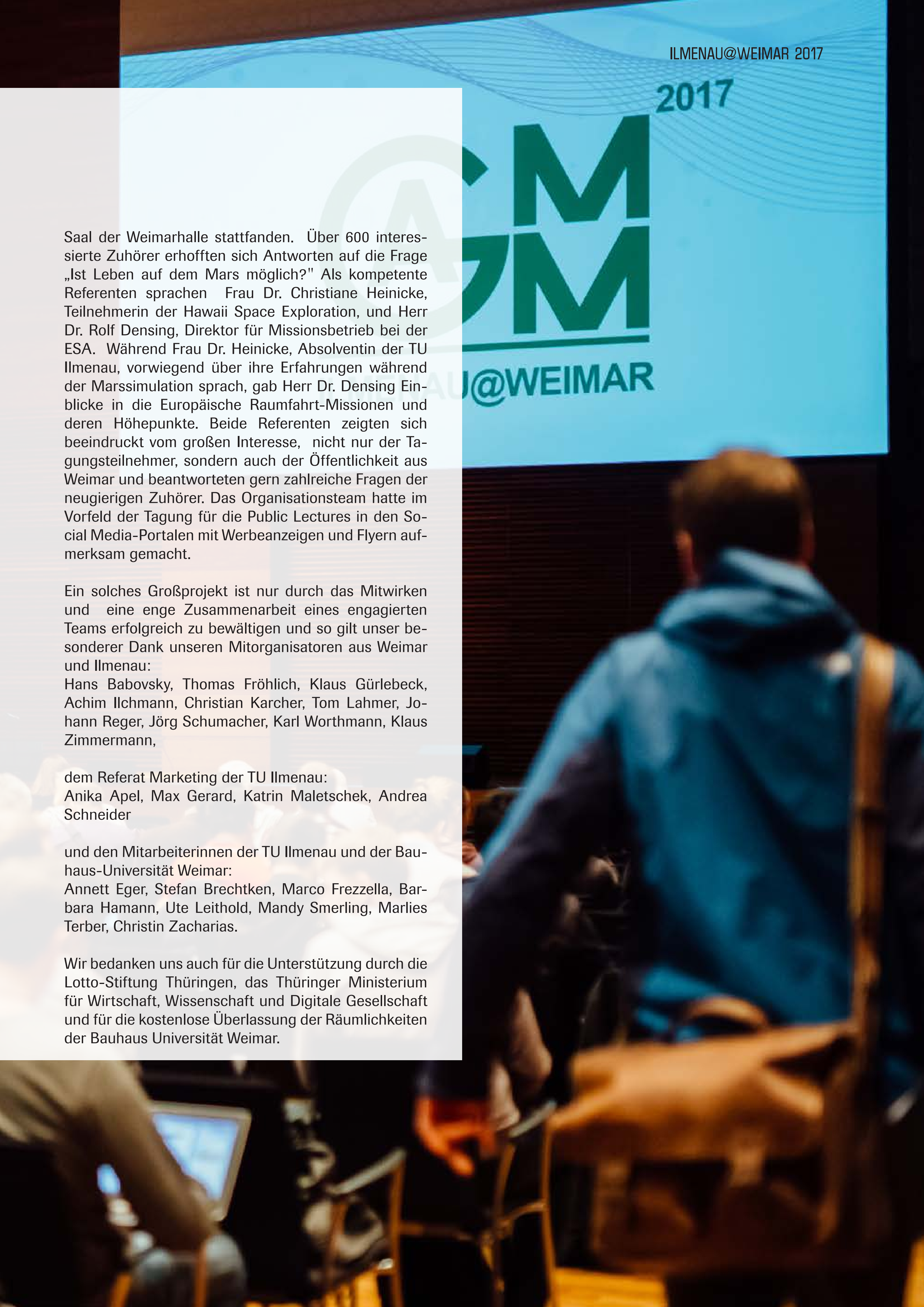
An dieser Stelle sei vielleicht erwähnt, dass man in einer eher kleinen Stadt wie Weimar in der Mitte Deutschlands eine ganz andere Kostenstruktur vorfindet als in München oder Hamburg. Die Konferenzgebühr beinhaltete viele Extraleistungen (Konferenzzentrum Weimarhalle, Essen am Montagabend, Stehempfang der GAMM Juniors (Dienstagvormittag) und relativ hochwertig ausgestaltete Kaffeepausen).

Das Tagungsprogramm umfasste neben der traditionellen Prandtl-Lecture, den 8 Hauptvorträgen, den 7 Minisymposia mit insgesamt 36 Vorträgen, den drei Young Researchers Minisymposia mit insgesamt 15 Vorträgen, die 23 Sektionen mit über 700 Vorträgen. Es gab zusätzlich eine Neuerung für die GAMM-Jahrestagung - sieben Sektionen mit insgesamt 51 Vorträgen aus DFG-Schwerpunktprogrammen, die einen Bezug zur GAMM haben.

Weitere Programmpunkte waren die Vorträge der beiden von Mises-Preisträger und die GAMM Juniors Poster Session. Neu war der von den GAMM Juniors organisierte Stehempfang mit Round-Table-Gesprächen „Young Academics in Applied Mathematics and Mechanics", der einen Mittagsimbiss umfasste und der nur für geladene Gäste der GAMM Juniors zugänglich war. Am Dienstagabend gab es eine moderierte Podiumsdiskussion zum Thema „Drittmittel – Einblicke in die Praxis“.

Am Mittwochabend hatten die Organisatoren zum Konferenzdinner geladen. Aus diesem Anlass wurde die Weimarhalle in eine sehr ansprechende stimmungsvolle Location verwandelt, welche den 810 anwesenden Gästen in besonderer Erinnerung geblieben ist. Zu diesem Eindruck haben nicht nur die kulinarischen Spezialitäten beigetragen, sondern auch die musikalische Umrahmung durch die Anika Bosch Band. Im Gegensatz zu den GAMM-Jahrestagungen zuvor, war 2017 das Konferenzdinner Bestandteil der Konferenzgebühr. Dies führte zu einer sehr hohen Teilnehmerzahl beim Dinner und, aus Sicht der Organisatoren, zu einem sehr gelungenem Abend. Da aber (Trennungsrecht) das Conference Dinner separat in der Tagungsgebühr ausgewiesen werden musste, kam es vereinzelt zu Problemen bei der Abrechnung der Tagungsgebühr, da in manchen Bundesländern diese Kosten nicht als Teil der Reisekosten erstattet werden konnten.

Ein weiteres Highlight der GAMM 2017 waren die beiden Public Lectures, welche am Donnerstag im großen



Saal der Weimarhalle stattfanden. Über 600 interessierte Zuhörer erhofften sich Antworten auf die Frage „Ist Leben auf dem Mars möglich?" Als kompetente Referenten sprachen Frau Dr. Christiane Heinicke, Teilnehmerin der Hawaii Space Exploration, und Herr Dr. Rolf Densing, Direktor für Missionsbetrieb bei der ESA. Während Frau Dr. Heinicke, Absolventin der TU Ilmenau, vorwiegend über ihre Erfahrungen während der Marssimulation sprach, gab Herr Dr. Densing Einblicke in die Europäische Raumfahrt-Missionen und deren Höhepunkte. Beide Referenten zeigten sich beeindruckt vom großen Interesse, nicht nur der Tagungsteilnehmer, sondern auch der Öffentlichkeit aus Weimar und beantworteten gern zahlreiche Fragen der neugierigen Zuhörer. Das Organisationsteam hatte im Vorfeld der Tagung für die Public Lectures in den Social Media-Portalen mit Werbeanzeigen und Flyern aufmerksam gemacht.

Ein solches Großprojekt ist nur durch das Mitwirken und eine enge Zusammenarbeit eines engagierten Teams erfolgreich zu bewältigen und so gilt unser besonderer Dank unseren Mitorganisatoren aus Weimar und Ilmenau:
Hans Babovsky, Thomas Fröhlich, Klaus Gürlebeck, Achim Ilchmann, Christian Karcher, Tom Lahmer, Johann Reger, Jörg Schumacher, Karl Worthmann, Klaus Zimmermann,

dem Referat Marketing der TU Ilmenau:
Anika Apel, Max Gerard, Katrin Maletschek, Andrea Schneider

und den Mitarbeiterinnen der TU Ilmenau und der Bauhaus-Universität Weimar:
Annett Eger, Stefan Brechtken, Marco Frezzella, Barbara Hamann, Ute Leithold, Mandy Smerling, Marlies Terber, Christin Zacharias.

Wir bedanken uns auch für die Unterstützung durch die Lotto-Stiftung Thüringen, das Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft und für die kostenlose Überlassung der Räumlichkeiten der Bauhaus Universität Weimar.

GAMM 2017 IN WEIMAR: OPENING SPEECH

HEIKE FAßBENDER

Ladies and Gentlemen, dear Colleagues,

it is a great pleasure to welcome you all to the 88th annual meeting of the International Association for Applied Mathematics and Mechanics, in short to this year's GAMM annual meeting.

In particular I would like to welcome

- Ministerpräsident Ramelow
- Oberbürgermeister Wolf
- the president of the TU Illmenau, Prof. Scharff
- and the president of the Bauhaus-Universität, Prof. Beucke

We are honored by your presence.

This is the first meeting in Weimar. Even though I do hope that all of you will actively take part in the scientific program, I also hope that you will find some spare time to explore this beautiful city. The list of sights is long, including the Anna-Amalia library as one of the cultural highlights. This links this year's annual meeting with the previous one in Braunschweig. As you may not know, Anna Amalia's full name was Anna Amalia von Braunschweig-Wolfenbüttel, and she married the duke Ernst August II. Constantin von Sachsen-Weimar-Eisenach. The famous library here in Weimar started as Anna Amalia's private book collection!
Thanks to the local organizers for giving us the chance to visit Weimar. Having organized the annual meeting last year in Braunschweig I do know what a major undertaking it is to organize such a conference. Thanks a lot to our colleagues Carsten Könke and Carsten Trunk and their big team. I am convinced you made sure that we will have a scientifically rich meeting in which we can learn a lot, make new contacts and refresh old ones. Once again, thank you so much for your efforts. I think this is worth to be acknowledged by a big applause.
This is my first annual meeting as president of GAMM and I consider it a great honor and privilege to stand here and address you. Some of you have asked me in the last couple of weeks and months about my ideas on the current situation of GAMM and on future developments. Much to your dismay I usually did not give an answer, but started to ask you what you expect from GAMM, now and in the future. I also wanted to know if and why you are a GAMM member. Let me say, a number of the answers were quite downbeat. The main purpose of GAMM seems to be to make sure that the annual meeting is organized every year. Well, if that is really all, we should think about turning GAMM into a company which professionally organizes conferences.
To me, GAMM is much more than the annual meeting.

- First of all, GAMM is the platform for interdisciplinary research in applied mathematics and mechanics in Germany. I think, it is fair to say that GAMM is at the heart of a large number of technical developments. Our research penetrates and affects really important academic fields for future technological developments. I believe that we should cherish and foster this.
- Much of the society's activity takes place in the GAMM activity groups. The groups help to establish

a stronger cooperation within GAMM. Looking out for new directions of research in applied mathematics and mechanics and establishing new activity groups is an essential part of keeping GAMM alive. This is also very well reflected in the involvement of GAMM activity groups, or even their seed function, for various Priority Programmes of the DFG, which present themselves for the first time during this year's Annual Meeting! As already said, by means of the activity group we pick up new research directions. Currently we have to look into Uncertainty Quantification, Big Data, Computational Science and Engineering – new important challenges GAMM should not ignore.

- Then there are our GAMM Juniors, established in 2012, now an active group of 30 young researchers. Every year, 10 new GAMM Juniors are selected out of nominated candidates. After three years they have to leave the group. The GAMM Juniors have already organized 3 summer schools as well as annual meetings. At this meeting they have organized the event "Young Academics in Applied Mathematics and Mechanics: Career Opportunities for Young Academics" which will take place tomorrow at lunch time. Moreover, the GAMM Juniors will present their research work in poster sessions during the morning coffee break on Tuesday and Wednesday.
- Finally, there are the newly established GAMM student chapters. You may have read the article on the first two groups in Berlin and Chemnitz in the last GAMM Rundbrief. With these groups we try to get master students and young PhD students involved in GAMM. We have to strengthen the role of these groups, in order to make GAMM fit for the future. In particular, we have to be open for the ideas and needs of the young academics in our field. We have to turn GAMM into a society in which these young talents feel at home. Without new, young members GAMM will become an aging, and eventually, a dying society.

We already collected a number of great ideas on how to make GAMM fit for the future. But as we are a society which (except for the Geschäftstelle in Dresden) fully relies on the voluntary work of a few dedicated persons it is not easy to follow up on all ideas and to implement them. As our membership fee is quite moderate, this does not allow for more professional help. Thus, yes, please let us know your ideas on how to improve GAMM, but at the same time, be patient with us. We can only do this much; all of us have a heavy workload, but we try our best.

I am not sure whether GAMM should also take a more political role. Should GAMM find a position on math education at school and at universities? Should GAMM take an active position on more financial support for applied mathematics and mechanics? Should GAMM even lobby with national and European ministries and funding organizations on these topics? At least in mathematics, our sister organization DMV is way ahead of us in some of those points. Whenever the math curriculum in the schools of one federal state is changed, the DMV is asked to comment on this. But if the answer is yes, GAMM should take on a more political role, how can we master these challenges with the low financial backing of our society?

Before I come to an end, let me point out that on Wednesday morning we will hear the two Richard-von-Mises prize lectures. As you certainly know, since 1989 every year one or two outstanding contributions in the field of applied mathematics and mechanics have been awarded the Richard-von-Mises prize. The prize is named after Richard von Mises, who together with Ludwig Prandtl founded our society, the GAMM in 1922. Please have a look at our webpage to see the list of awardees. I think that is an impressive list of successful researchers. This year's von-Mises laureates are Prof. Dr.-Ing. Benjamin Klusemann from the Leuphana University in Lüneburg and Prof. Dr. Christian Kuehn from the Technical University of Munich.

I would like to invite both laureates to come to this stage, so that I can present a certificate to you.

The prize committee consisted of our collegues Bertram (Magdeburg), Kuhlmann (Wien), Lammering (Hamburg), Müller (Bonn) headed by our past president Wolfgang Ehlers. They had the hard work to pick the best among six very good nominations.

The prize is awarded to Benjamin Klusemann in appreciation of his results on numerical modelling of heterogeneous material behaviour in technological processes with experimental validation.

The prize is awarded to Christian Kuehn in appreciation of his results on instabilities and patterns in stochastic and multiscale systems obtained by merging analytical and numerical approaches to nonlinear dynamics.

Please attend the Richard-von-Mises-prize lectures on Wednesday, at 10 o clock.

Let me remind all GAMM members that the general assembly of our society will also take place on Wednesday; namely, at 11.30 after the von-Mises lectures and the coffee break. Apart from the usual reports, we will also have some elections, where those of you who did not take part in the electronic election system can finally cast their vote. I invite all GAMM members to attend our general assembly and to discuss with us the future of GAMM.

As all of you know, our society has a long tradition and cooperation with the German Society for Aeronautics and Astronautics, in short DGLR, through the jointly organized Ludwig-Prandtl-Memorial Lecture, which traditionally takes place right after this opening ceremony. This year the lecture will be given by Howard Stone from Princeton who will speak on "Some variants of classical multiphase flow problems" in a few moments.

Ladies and gentlemen, I now declare the GAMM conference in Weimar open and wish all of us an interesting and exciting event.

Heike Faßbender,
GAMM President

BESCHLUSSPROTOKOLL ZUR HAUPTVERSAMMLUNG 2017 DER GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE MATHEMATIK UND MECHANIK E.V.

Die Hauptversammlung der GAMM fand während der Jahrestagung 2017 am Mittwoch, dem 8. März 2017, in der Zeit von 11:30 – 12:30 Uhr, im congress centrum neue weimarhalle statt.

Zu Beginn der Veranstaltung waren 127 Mitglieder anwesend.

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

Alle Mitglieder wurden satzungsgemäß unter Angabe der folgenden Tagesordnung im Januar 2017 schriftlich eingeladen:

Tagesordnung

1. Bericht des Präsidenten
2. Bericht des Schatzmeisters
3. Bericht der Kassenprüfer
4. Diskussion / Entlastung des Vorstandes
5. Wahlen

Mitglieder des Vorstands
Prof. M. Günther (Schatzmeister), Wuppertal, Amtszeit bis 2017, nicht wieder wählbar
Prof. M. Kaliske (Sekretär), Dresden, Amtszeit bis 2017, wieder wählbar

Mitglieder des Vorstandsrats
Prof. G. Kutyniok, Berlin, 1. Amtszeit bis 2017, wieder wählbar
Prof. G. Brenn, Graz, 1. Amtszeit bis 2017, wieder wählbar
Prof. U. Nackenhorst, Hannover, 1. Amtszeit bis 2017, wieder wählbar

Kassenprüfer
Wahlkommission

6. Mitgliedsbeiträge
7. Fachausschüsse
8. Verschiedenes

1. Bericht der Präsidentin

Die Präsidentin informiert über

- das Ableben von Mitgliedern der Gesellschaft,
- die Mitgliederbewegung im letzten Jahr,
- die Vorbereitung und Planung der zukünftigen GAMM-Jahrestagungen,
- die GAMM-Publikationen,
- die Vergabe des Richard-von-Mises-Preises und der Dr.-Klaus-Körper-Preise,
- die Ludwig-Prandtl-Gedächtnis-Vorlesung,
- die nationalen Sektionen,
- den Zukunftsausschuss,
- die GAMM-Repräsentanten, GAMM-Junioren und GAMM-Nachwuchsgruppen,
- die Evaluierung von drei Fachausschüssen sowie die Einrichtung zwei neuer Fachausschüsse.

2. Bericht des Schatzmeisters

Der Schatzmeister, Herr Günther, stellt den Kassenbericht für den Zeitraum vom 01.01.2016 bis 31.12.2016 vor.
Anfragen wurden nicht gestellt.

3. Bericht der Kassenprüfer

Frau Jacob berichtet von der Prüfung der Kasse für das Jahr 2016. Die Überprüfung der Einnahmen und Ausgaben erfolgte stichprobenartig auf der Grundlage des Kassenberichts des Schatzmeisters. Alle vorgelegten Unterlagen waren vollständig. Es ergaben sich keine sachlichen Beanstandungen, Empfehlungen wurden nicht ausgesprochen.

Die Kassenprüfer beantragen die Entlastung des Schatzmeisters.

4. Entlastung des Vorstands

Über den Antrag der Kassenprüfer zur Entlastung des Schatzmeisters wird abgestimmt. Mit einer technischen Enthaltung wird dem Antrag zugestimmt.

Auf Antrag wird der Vorstandsrat bei fünf technischen Enthaltungen entlastet.

5. Neuwahlen

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

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

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

Mitglieder des Vorstands
Prof. A. Walther (Schatzmeisterin), Wuppertal
Prof. M. Kaliske (Sekretär), Dresden, Amtszeit bis 2017, wieder wählbar

Mitglieder des Vorstandsrats
Prof. G. Kutyniok, Berlin, 1. Amtszeit bis 2017, wieder wählbar
Prof. G. Brenn, Graz, 1. Amtszeit bis 2017, wieder wählbar
Prof. U. Nackenhorst, Hannover, 1. Amtszeit bis 2017, wieder wählbar

Schatzmeisterin	Andrea Walther	254 Stimmen (14 Enth)
Sekretär	Michael Kaliske	257 Stimmen (11 Enth)

Vorstandsratsmitglied		
Angewandte		
Funktionalanalysis	Gitta Kutyniok	237 Stimmen (30 Enth)
Strömungsmechanik	Günter Brenn	236 Stimmen (31 Enth)
Festkörpermechanik	Udo Nackenhorst	232 Stimmen (35 Enth)

Die jeweilige Amtszeit beginnt am 1. Januar 2018 und endet am 31. Dezember 2020.

Die Präsidentin dankt dem ausscheidenden Mitglied des Vorstands, Herrn Günther, für die engagierte Mitarbeit.

Einstimmig werden Frau Heilmann und Frau Jacob als Kassenprüfer für ein weiteres Jahr in offener Abstimmung gewählt.

6. Mitgliedsbeiträge

Die nachfolgende Ordnung der Mitgliedsbeiträge wurde nach langjähriger stabiler Kostensituation einstimmig beschlossen: Tabelle siehe unten.

7. Fachausschüsse

Der Vizesekretär, Herr Müller, berichtet über die Evaluierung der Fachausschüsse „Uncertainty Quantification", „Computional Science and Engineering" sowie „Mathematische Signal-und Bildverarbeitung" und die Einrichtungen der beiden neuen Ausschüsse „Modelling, Analysis and Simulation of Molecular Systems" sowie „Ex-perimentelle Festkörpermechanik". Die Berichte werden einstimmig beschlossen. Ergänzungen oder Anfragen zu dem Bericht liegen nicht vor.

8. Verschiedenes

Es liegen keine Wortmeldungen vor.

Die nächste Hauptversammlung findet voraussichtlich am 21. März 2018 in München statt.

Heike Faßbender	Michael Kaliske
Präsidentin	Sekretär
Braunschweig, 23.06.2017	Dresden, 23.06.2017

Mitglied	**Beiträge seit 01.01. 2009**	**Beiträge ab 01.01.2018**
Persönliche Mitglieder	90 €	100 €
Ermäßigter Beitrag für persönliche Mitglieder unter 32 Jahren	48 €	55 €
Persönliche Mitglieder aus Ländern Osteuropas (Nicht-EU-Länder) und aus Entwicklungsländern	48 €	55 €
Ermäßigter Beitrag für persönliche Mitglieder unter 32 Jahren aus Ländern Osteuropas (Nicht-EU-Länder) und aus den Entwicklungsländern	25 €	30 €
Ermäßigter Beitrag für Studenten	17,50 €	20 €
Ermäßigter Beitrag für Mitglieder in anderen wissenschaftlichen Gesellschaften, mit denen die GAMM ein Reziprozitätsabkommen geschlossen hat	60 €	65 €
Korporative Mitglieder	150 €	500 €
Universitäre Einrichtungen (Bibliotheken, Institute, o. ä.)	48 €	55 €

BERICHT DER PRÄSIDENTIN AN DIE MITGLIEDER DER GAMM AUF DER MITGLIEDERVERSAMMLUNG AM 8. MÄRZ 2017 IN WEIMAR

Liebe Kolleginnen und Kollegen,
meine Damen und Herren,

ich begrüße Sie sehr herzlich zur diesjährigen Mitgliederversammlung der „Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik“, der GAMM.

Verstorbene Mitglieder
Wie in jedem Jahr gedenken wir als erstes unserer verstorbenen Mitglieder. Es ist mir eine traurige Pflicht, Sie über das Ableben der folgenden Kollegen informieren zu müssen:

- Prof. Dr. Jozef Brilla, Bratislava
- Prof. Dr.-Ing. Franz-Alfons Emmerling, Neubiberg
- Prof. Dr. Uwe Helmke, Würzburg
- Prof. Dr.-Ing. Horst Irretier, Habichtswald
- Prof. em. Dr.-Ing. Sándor Kaliszky, Budapest
- Prof. Dr. Heiner Mühlig, Dresden
- Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Norbert Peters, Aachen
- Prof. Dr. Norbert Kuhlmann, Essen
- Prof. Dr. Erich Bohl, Konstanz
- Prof. Dr. Jaroslav Valenta, Prag
- Dr. Klaus Dieter Braune, Karlsruhe
- em. Prof. Dr.-Ing. Helmut Stumpf, Bochum
- Prof. Dr. Karl-Heinz Bachmann, Leipzig
- Prof. Dr. Walter Schumann, Zürich
- Prof. Dr.-Ing. habil Christian Miehe, Stuttgart

Allen Verstorbenen wird die Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik ein ehrendes Gedenken bewahren.
Ich darf Sie bitten, sich zum Zeichen der Trauer und der Anteilnahme von Ihren Plätzen zu erheben.

Sie haben sich zum Zeichen der Trauer und Anteilnahme von Ihren Plätzen erhoben. Ich danke Ihnen.

Zunächst möchte ich mich im Namen der GAMM bei den örtlichen Tagungsleitern, unseren Kollegen Carsten Könke und Carsten Trunk bedanken, die uns mit ihrem Team hier in Weimar mit großem Einsatz eine sehr gut organisierte GAMM-Jahrestagung bieten. Dieser Dank geht insbesondere auch an die Ilmenauer Kollegen Babovsky, Fröhlich, Gürlebeck, Ilchmann, Karcher, Lahmer, Reger, Schumacher, Worthmann, Zimmermann, sowie dem Kollegen Thess, der inzwischen nach Stuttgart gewechselt ist. Unterstützt wurden die Kollegen durch Frau Schneider, Frau Apel, Herr Gerard von der Marketingabteilung der TU Ilmenau, sowie Frau Mämpel und Frau Smerling von der TU Ilmenau und Frau Terber und Frau Zacharias hier aus Weimar. Allen einen ganz herzlichen Dank!

Dies ist meine erste Jahrestagung als Präsidentin, meine Amtszeit begann vor erst gut 2 Monaten. Mein kurzer Bericht wird sich daher vor allem auf Ereignisse beziehen, die unter der Präsidentschaft von Wolfgang Ehlers stattgefunden haben. Ich möchte die Gelegenheit nutzen und meinem Amtsvorgänger ganz herzlich für seine Arbeit danken.

Wahlen 2016/17
Die dreijährige Amtszeit einiger Mitglieder des Vorstandes und Vorstandsrats läuft Ende diesen Jahres ab. Dies betrifft unseren Sekretär Michael Kaliske und unseren Schatzmeister Michael Günther, sowie aus dem Vorstandsrats Gitta Kutyniok, Günter Brenn und Udo Nackenhorst.
Ich möchte den Kollegen Kaliske, Brenn, Nackenhorst und der Kollegin Kutyniok an dieser Stelle sehr herzlich für ihre bisherige konstruktive Mitarbeit im Vorstandsrat der GAMM und für ihre Bereitschaft zur erneuten Kandidatur danken. Viele von Ihnen werden dies schon im Rahmen der elektronischen Wahl, die in der Zeit vom 01. Februar bis zum 01. März möglich war, gesehen haben.
Ein ganz besonderer Dank geht an unseren Schatzmeister Michael Günther, der nach 9 Jahren aus seinem Amt ausscheidet. Für die Nachfolge steht Andrea Walther zur Wahl.
Alle diejenigen, die an der elektronischen Wahl nicht teilgenommen haben, haben gleich noch die Möglichkeit, ihre Stimme per Urnenwahl anzugeben.

Nächste Jahrestagungen
Im kommenden Jahr wird die Jahrestagung der GAMM vom 19. bis zum 23. März 2018 in München stattfinden. Diese Tagung steht unter der Leitung unserer Kollegen Michael Ulbrich und Gerhard Müller. Sie wird in der Innenstadt, auf dem Stammgelände der TU stattfinden. Der Programmausschuss hat bereits am 27. Januar in München getagt. Meines Wissens haben alle ausgewählten Hauptvortragenden schon zugesagt, die Einladungen für die Organisation der Minisymposia und der Sektionen sind ausgesprochen. Die Vorbereitung der Tagung ist daher auf einem guten Weg.
Seitens der GAMM wurden für die folgenden Jahre weitere Einladungen angenommen:

- 2019: Wien, Tagungsleitung Eberhardsteiner/Schöberl
- 2020: Kassel, Tagungsleitung Kuhl/Wünsch
- 2021: Aachen, Tagungsleitung Reese/Markert
- 2022: Dresden zur 100-Jahr-Feier der GAMM, die ja 1922 in Dresden gegründet wurde.

Mitgliederbewegungen
Ende Januar hatte die GAMM 953 beitragszahlende Mitglieder, davon 102 Mitglieder, die über ein Reziprozitätsabkommen einen ermäßigten Beitrag zahlen und 851 „Vollzahler". Zudem gibt es 278 Mitglieder, die z.B. weil sie unter 32 Jahren alt sind oder als Studierender immatrikuliert sind, einen ermäßigten Beitrag zahlen. Es gab 63 Eintritte bei 40 Austritten, wobei hier die Todesfälle schon mitberücksichtigt sind.

Mitgliederbeiträge
Nach intensiver Diskussion im Vorstandsrat haben wir auf dringendes Anraten unseres scheidenden Schatzmeisters beschlossen, erstmals nach 2008 ab dem 01.01.2018 den Mitgliedsbeitrag zu erhöhen. Der Schatzmeister wird Sie im Laufe der Sitzung genauer darüber informieren.
An dieser Stelle möchte ich anmerken, dass es einige Mitglieder leider nicht immer schaffen, ihren Beitrag nach Erhalt der Rechnung zu überweisen. Wir haben hier in der Vergangenheit meist erst nach mehrfachem Ausbleiben der Beitragszahlung gemahnt. Ich habe unseren Schatzmeister gebeten, ab sofort schon nach dem ersten Ausbleiben der Beitragszahlung zu mahnen und im Falle des Falles nach einer ergebnislosen erneuten zweiten Mahnung die betreffende Person auszuschließen. Das Erteilen einer Einzugsermächtigung würde uns die Arbeit erheblich vereinfachen.

GAMM-Rundbrief und -Mitteilungen
Der GAMM-Rundbrief als auch die GAMM-Mitteilungen sollten Sie auch im vergangenen Jahr planmäßig erreicht und mit interessanten Informationen versorgt haben. Einen herzlichen Dank für ihr Engagement für den Rundbrief geht an die Kollegen Klawonn und Schröder, für das Engagement für die Mitteilungen an die Kollegen Steinmann und Menzel. Herr Steinmann hat zum Ende des Jahres 2016 die Herausgeberschaft der Mitteilungen abgegeben und an Herrn Menzel übertragen, dem ich für diese Aufgabe viel Erfolg und eine „glückliche Hand" wünsche. Bitte unterstützen Sie die Kollegen weiterhin aktiv mit ihren wissenschaftlichen Beiträgen und Berichten von Workshops und Tagungen, um sowohl den Rundbrief als auch die Mitteilungen auf dem hohen Niveau zu halten, das auch mit Ihrer Hilfe erreicht wurde.

ZAMM, PAMM, LAMM
Die ZAMM ist weiterhin auf gutem Kurs, der Impact-Faktor steigt weiter und liegt momentan bei 1,293 (Stand Februar 2017) (von 0,948, Stand 2012). Dies ist nach wie vor eine positive Entwicklung, für die ich mich an dieser Stelle bei allen Mitgliedern des Editorial-Boards bedanken möchte.
Zu ZAMM, PAMM und den GAMM-Mitteilungen wird es voraussichtlich in Kürze weitere organisatorische Änderungen geben, über die ich Sie vermutlich im kommenden Jahr informieren kann.
Allein die LAMM, die Lecture Notes in Applied Mathematics and Mechanics könnte etwas mehr Zuspruch seitens unserer Mitglieder erhalten. Ich vermute, dass vielen von Ihnen die LAMM noch nicht so präsent sind. Schauen Sie doch einmal auf den GAMM-Webseiten unter Publikationen nach.

Richard-von-Mises-Preis
Der Richard-von-Mises-Preis ist dieses Jahr wieder als Richard-von-Mises-Preis der „Dr.-Klaus-Körper-Stiftung" vergeben worden. Es lagen erneut 6 sehr gute Nominierungen vor. Das Preiskomitee bestehend aus unseren Kollegen Bertram (Magdeburg), Kuhlmann (Wien), Lammering (Hamburg) und Müller (Bonn) hat unter der Leitung von Wolfgang Ehlers getagt und aufgrund der Bewerberlage entschieden, den Preis zu teilen. Es wurden erneut zwei Personen ausgezeichnet: der Mechaniker, Prof. Dr. Benjamin Klusemann, und der Mathematiker, Prof. Dr. Christian Kuehn, deren schöne Vorträge vor der Kaffeepause Sie hoffentlich nicht verpasst haben.

Dr.-Klaus-Körper-Preis
Die Dr.-Klaus-Körper-Stiftung der GAMM vergibt jährlich 4 Preise (dotiert mit jeweils 250 und einer zweijährigen kostenlosen Mitgliedschaft in der GAMM) für die besten Dissertationen des vergangenen Jahres in Angewandter Mathematik und Mechanik. Die Preisträger des vergangenen Jahres waren

- Dipl.-Ing. Dr. techn. Benjamin Marussig
- Dr.-Ing. Martin Diehl
- Dr. Robert Altmann
- Dr. Mira Schedensack

Allen vieren auf diesem Wege nochmal einen herzlichen Glückwunsch! Die diesjährigen Preisträger werden bis zum 15. März diesen Jahres ausgewählt und im Anschluss bekanntgegeben.

Nationale Sektionen der GAMM
Zu den nationalen Sektionen hatte Wolfgang Ehlers letztes Jahr schon von seinen Bemühungen, um Kontaktaufnahme berichtet. Ich kann berichten, dass die Sektionen in Bulgarien und Tschechien aktiv sind und mir vor kurzem Berichte über ihre Tätigkeit geschickt haben. Alle anderen nationalen Sektionen sind momentan inaktiv. Der Vorstandsrat hat die Auflösung aller inaktiven Sektionen beschlossen. Eine evtl. Neueinrichtung kann beantragt werden.

Zukunftsfragen

Der Zukunftsausschuss der GAMM hat unter Leitung unseres Vizepräsidenten Wolfgang Ehlers getagt. Es wurden erneut einige Vorschläge zur Verbesserung der internen Kommunikation gemacht. U.a. wurde vorgeschlagen den Aufgabenbereich Öffentlichkeitsarbeit einzurichten, Pressemitteilungen z.B. zu Preisverleihungen zu verschicken, ein Online-Undergraduate-Research-Journal zu starten und im Rahmen der Jahrestagung Mini-Tutorials als Einstieg in neue Themengebiete anzubieten.

Wenn Sie weitere Anregungen haben, die der Verbesserung unserer Gesellschaft dienen, so sind Sie herzlich eingeladen, diese über den Zukunftsausschuss einzubringen. Wenn Sie sich für einen der Vorschläge engagieren möchten, wären wir dankbar. Wie ich schon in meiner Eröffnungsrede gesagt habe, basiert das meiste, was in der GAMM passiert, auf ehrenamtlicher Arbeit. Mit dem geringen Mitgliedsbeitrag können wir keine professionelle Organisation aufbauen, mit der sich die vielen guten Ideen schnell umsetzen lassen würden.

GAMM-Repräsentanten

Wir gehen davon aus, dass nahezu alle Hochschulen mit GAMM-Beteiligung ihre GAMM-Repräsentanten benannt haben. Bitte schauen Sie diesbezüglich auf die GAMM-Homepage. Sollten Sie feststellen, dass Ihre Hochschule nicht aufgeführt ist, bitten wir Sie, uns dies mitzuteilen und uns einen GAMM-Repräsentanten zu benennen.

GAMM-Juniors

Die GAMM-Junioren waren und sind sehr aktiv. Sie organisieren u.a. im Rahmen der Jahrestagung eine Postersession, um die wissenschaftlichen Arbeiten der Mitglieder vorzustellen, ein jährliches Treffen und eine Summerschool, in 2016 zu dem Thema „Geometric Methods in Multi-Body and Structural Dynamics“. Gestern hatten die GAMM-Juniors das Event „Young Academics in Applied Mathematics and Mechanics: Career Opportunities for Young Academics” organisiert. Auch hier einen herzlichen Dank an alle Aktiven. Wir bemühen uns, dem Wunsch nach mehr Transparenz nachzukommen und sie an den diversen Gremien der GAMM zu beteiligen.

GAMM-Nachwuchsgruppen

Um auch Masterstudenten und Doktoranden an die GAMM zu binden, versuchen wir GAMM Nachwuchsgruppen zu etablieren. Die beiden ersten aktiven Gruppen in Berlin und Chemnitz wurden schon im Rundbrief vorgestellt. Die Grundidee ist das Bilden einer dauerhaften Plattform an den einzelnen Universitäten, durch die die Mitglieder der Nachwuchsgruppe in ihren Forschungsvorhaben unterstützt werden und durch die Kontakte zu anderen jungen Forschern und ehemaligen Doktoranden hergestellt und aufrecht erhalten werden. Typische Aktivitäten sind Vorträge der Mitglieder der Nachwuchsgruppe über ihre Forschung, Präsentationen von Professoren über ihr Forschungsgebiet, von Doktoranden anderer Universitäten und von Mathematik/Mechanik nahen Beschäftigten in Industrie und Wirtschaft, Exkursionen zu Mathematik/Mechanik-bezogenen Forschungsinstituten und anderen interessanten Unternehmen in Industrie und Wirtschaft, sowie auch rein soziale Aktivitäten wie gemeinsames Grillen. Die GAMM unterstützt die Nachwuchsgruppen bei ihren Aktivitäten mit bis zu 300 Euro/Gruppe und Jahr. Genauere Informationen zu den Nachwuchsgruppen finden Sie auf den GAMM-Webseiten.

Fachausschüsse

Dieses Jahr stehen drei Fachausschüsse zur Evaluierung an. Alle Ausschüsse haben Evaluationsberichte vorgelegt. Dies sind der Ausschuss „Computational Science and Engineering (CSE)“ unter der Leitung von Andrea Walther, Matthias Bolten und Oliver Röhrle sowie der Ausschuss „Mathematische Signal- und Bildverarbeitung (MSIP)“ unter der Leitung von Gitta Kutyniok und Martin Burger. Der dritte zur Evaluierung anstehende Fachausschuss ist der Fachausschuss „Uncertainty Quantification“ unter der Leitung von Oliver Ernst und Alexey Chernov. Die beantragten Verlängerungen wurden vom Vorstandsrat empfohlen.

Ferner liegen drei Einrichtungsanträge vor. Ein Antrag wurde von den Kollegen Gero Friesecke, TU München, Reinhold Schneider, TU Berlin und Benjamin Stamm, RWTH Aachen für den Fachausschuss „Modeling, analysis and simulation of molecular systems“ vorgelegt. Ein weiterer Antrag wurde von den Kollegen Stefan Hartmann, TU Clausthal und Stefan Diebels, Universität des Saarlands, für den Fachausschuss „Experimentelle Festkörpermechanik“ gestellt. Beide Anträge wurden fristgerecht vorgelegt und vom Vorstandsrat zur Einrichtung empfohlen. Der dritte Einrichtungsantrag wurde von den Kollegen Lars Grasedyck, RWTH Aachen, und Daniel Petersheim, Bonn/Augsburg, für den Fachausschuss „Numerische Analysis“ vorgelegt. Da dieser Antrag nicht fristgerecht eingegangen ist, wird über ihn im Umlaufverfahren beschlossen.

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

GAMM 2017 – NOTIZEN

*Spontanes Präsident*innentreffen im congress centrum neue weimarhalle: W. Ehlers, H. Faßbender, V. Mehrmann, P. Wriggers (v.l.n.r.) © CFW*

WISSENSCHAFTLICHE VERANSTALTUNGEN

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

Tagungsjahr 2017/ 2018

89. GAMM Jahrestagung in München 19.-23.03.2018
http://jahrestagung.gamm-ev.de/index.php/2018/2018-annual-meeting

Angewandte Operatortheorie
web: http://www.gamm-ot.uni-wuppertal.de/

Dynamik und Regelungstheorie
web: http://ifatwww.et.uni-magdeburg.de/syst/GAMMFA/gammfa.shtml

Analysis von Mikrostrukturen
web: http://www.iam.uni-bonn.de/aaa2/gamm-fa/

Optimierung mit partiellen Differentialgleichungen
web: http://www.gamm.optpde.net

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

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

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

Angewandte und Numerische Lineare Algebra
web: http://www.maths.manchester.ac.uk/gamm-anla/

Phasenmodellierung
web: http://www.mv.uni-kl.de/ltm/forschung/GAMM-FA_PFM

Analysis partieller Differentialgleichungen
web: http://www.uni-regensburg.de/mathematics/partial-differential-equations/index.html

Data-driven Modeling and Numerical Simulation for Microstructured Materials
web: http://www.mechbau.uni-stuttgart.de/EMMA/ag-data

Modeling, Analysis and Simulation of Molecular Systems
https://moansi.wixsite.com/gamm

Experimentelle Festkörpermechanik
https://www.itm.tu-clausthal.de/institut/abteilungen/abteilung-festkoerpermechanik/gamm-fa-experimental-solid-mechanics/home/

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

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

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

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

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

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

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

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

RICHARD-VON-MISES-PRIZE 2017

LAUDATION ON CHRISTIAN KUEHN BY ANTON ARNOLD
&
LAUDATION ON BENJAMIN KLUSEMANN BY BOB SVENDSEN

Ladies and Gentlemen,

I was asked by my colleague Professor Anton Arnold (and I am using his material for that) to say a few words on the occasion of the conferral of the Richard-von-Mises price to **Professor Christian Kuehn**. This is certainly a big pleasure for me, since I had a chance to talk to Christian intensively quite a few times when we prepared a joint research proposal just before he moved to Munich. In a few words, his professional career can be summarized as:

- Currently he is Lichtenberg Professor for Multiscale and Stochastic Dynamics, Technical University of Munich
- He obtained Bachelor of Science from Jacobs University Bremen
- Then received a Master of Advanced Studies from the University of Cambridge
- and then got both Master of Science & Doctor of Philosophy from Cornell University, the latter in 2010
- finally, he obtained the Venia docendi from Technische Universität Wien.

Since Ludwig Prandtl's work on the asymptotic analysis of boundary layers in fluid mechanics, asymptotic analysis of singularly perturbed dynamical systems has been a core topic in applied mathematics and theoretical mechanics. More recent challenges arose, amongst them stochastic perturbation and infinite-dimensional systems, but also challenges related to the understanding of the geometry of bifurcation phenomena. The theory of perturbations for systems with different temporal and spatial scales received numerous applications from neuroscience to climate modeling. Professor Christian Kuehn contributed significantly to the area of applied non-linear dynamics of multi-scale systems.
He has published more than 40 papers in peer-reviewed top journals and of course many more are on their way. Quite a large part of these are single-authored papers which I personally find very important these days. His recent book on "Multiple Time Scale Dynamics" published with Springer for the first time comprehensively covers systems with different time scales from the perspectives of geometry, analysis, numerics, stochastics and modeling in one single volume.

I would like to summarize his main research achievements in three representative points. These are

1. Geometry of singularly perturbed problems and oscillations: The analysis of non-hyperbolic problems using geometrical methods are a core topic in mathematics. Of special interest are Christian's results concerning the description of non-linear chemical reactions.
2. Warning signals and stochastic dynamics: This fundamental development of a detailled theory of early warning signals before critical transitions establishes an important relation between mathematical description of dynamical systems, modeling, and direct application in data analysis. This includes relations to the topic of oscillations.
3. Reaction-diffusion equations: The discovery and analysis of new global bifurcations of traveling waves in the FitzHugh-Nagumo equation is an excellent example for the efficient interplay of analytical, geometrical, and numerical methods in the area of pattern forming.

Of course, this is not complete.
Given Christian's very young age (I at my age may certainly say so), the thematic range and mathematical depth is very impressive. He will certainly in the future provide essential contributions to an essential field of mathematics, i.e. asymptotic analysis and boundary layer theory. He will moreover help to transfer these mathematical concepts to the multi-scale models to be found in practical applications.

Therefore I would like to conclude with the statement that it was certainly an excellent decision to award the Richard-von-Mises prize to Professor Christian Kuehn.

Thank you very much.

Author: Prof. Dr. Anton Arnold / Prof. Dr. Christian Bucher
Lecturer: Prof. Dr. Christian Bucher

Ladies and Gentlemen,

It is my great pleasure to introduce to you today the winner of the 2017 Richard von Mises Prize, **Dr. Benjamin Klusemann.**

Actually, Dr. Svendsen or Dr. Bargmann, who proposed Mr. Klusemann for the award, should be here. Unfortunately both can not be here today. So I´m taking over gladly.

Dr. Klusemann carried out his dissertation work at the Institute of Mechanics at the TU Dortmund with Dr. Svendsen. At this time, Dr. Bargmann worked as a postdoc at the same institute. After graduation, Dr. Klusemann worked as a postdoc at the Chair of Materials Mechanics of Dr. Svendsen at the RWTH University in Aachen and then moved to Hamburg as a senior engineer at the Hamburg-Harburg Technical University at the Institute for Continuum and Materials Mechanics of Dr. Bargmann.

Dr. Klusemann is certainly among the outstanding young scientists in Mechanics in Germany. In his work, he conducts research on topics ranging from micromechanics to the simulation of complex technological processes with a focus on plastic material behavior. His approach to these topics is theoretical and numerical, including experimental validation. Mr. Klusemann has published his research in nearly 30 publications in international peer-reviewed journals. There are also other publications in conference volumes. Mr. Klusemann is actively involved in international societies as well as at international meetings. In addition, Dr. Klusemann has submitted and been awarded several research proposals.

Looking at his achievements in view of the short period in which he is scientifically active, his success in research and teaching is outstanding. It is extremely rare that a scientist in the field of mechanics has already completed his habilitation at the young age of only 31 years and been appointed to a permanent university professorship. On the basis of his research profile and the results obtained, Dr. Klusemann has already established a strong, independent and internationally visible profile. This is also reflected in the number of his national and international collaborations, attested to as well by the number of co-authors on his publications.

He has received several awards and prizes through his research activities. I would like to mention the prestigious Feodor Lynen Research Fellowship of the Alexander von Humboldt Foundation for a research stay at the California Institute of Technology in 2013. In addition, his great commitment to teaching, which was rewarded in 2016 with the lectureship of Leuphana University Lüneburg.

Dr. Klusemann will give a detailed account of his research in his lecture. Let me only mention that one of his current research interests is the modeling and simulation of production processes with a view toward their optimization and their exploitation for the local modification of properties within the components. This results in improved properties, in particular in view of damage tolerance. The complexity of the interaction between process parameters and material properties requires as well a significant experimental effort. It is therefore of great interest to model these interactions with the help of simulation and to reduce the experimental effort.

Dr. Klusemann has already been awarded the Richard von Mises Prize of the GAMM 2017 on Monday because of his outstanding achievements in the field of „Numerical modeling of heterogeneous materials in technological processes with experimental validation". I would like to congratulate him once again, and now we are looking forward to his lecture.

Author: Prof. Dr. Bob Svendsen
Lecturer: Prof. Dr.-Ing. Stefanie Reese

AUFRUF • CALL

Für die Jahrestagung 2019
in Wien, 18. – 22. Februar
veranstaltet die GAMM einen
Wettbewerb zur Einreichung von

NACHWUCHS-MINISYMPOSIEN

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

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

Zeitplan:

bis 31. Dezember 2017
Einreichung von Vorschlägen per e-mail (plain ASCII) an die Geschäftsstelle: **gamm@mailbox.tu-dresden.de**

Die Bewerbung besteht aus einer einseitigen Zusammenfassung, den Titeln der einzelnen Vorträge sowie der Angabe von Geburtsdatum, derzeitiger Stellung und Institution für alle Organisatoren und Vortragende.

18. - 22. Februar 2019
Durchführung der ausgewählten Minisymposien.

For its Annual Meeting 2019
in Vienna February 18 - 22,
GAMM is arranging a competition for
submission of

YOUNG RESEARCHERS MINISYMPOSIA

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

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

Schedule:

until December 31, 2017
Submission of proposals by e-mail (plain ASCII) to the GAMM office: **gamm@mailbox.tu-dresden.de**

A proposal consists of a one page abstract, the titles of all lectures and information about the date of birth and the current position and affiliation of all organisers and speakers

February 18 - 22, 2019
Carrying out the nominated minisymposia.

AUFRUF • CALL

WAHLEN ZUM VORSTANDSRAT

Aufruf der Präsidentin
mit Bitte um Wahlvorschläge zur Vorstandsratswahl 2018

Wahlvorschläge

Wahlvorschläge können bei der Geschäftsstelle der GAMM per E-Mail unter GAMM@mailbox.tu-dresden.de eingereicht werden.
Vorschlagsberechtigt sind persönliche Mitglieder der GAMM sowie korporative Mitglieder.
Die folgenden Ämter des GAMM-Vorstandsrats sind 2018 zu wählen. Die Amtszeiten werden zum 01.01.2019 beginnen.

Mitglieder des Vorstandsrates

Prof. Robert Seifried, Hamburg, Dynamik und Regelung, 1. Amtszeit bis 2018, wieder wählbar
Prof. Rolf Lammering, Hamburg, Festkörpermechanik, 2. Amtszeit bis 2018, nicht wieder wählbar
Prof. Christian Wieners, Karlsruhe, Angewandte Analysis, 2. Amtszeit bis 2018, nicht wieder wählbar

Die Quorenregelung verlangt, dass Wahlvorschläge für die zu wählenden Mitglieder des Vorstandsrates von mindestens fünf Mitgliedern schriftlich unterstützt werden müssen. Wahlvorschläge und Unterstützungserklärungen, auch für eine Wiederwahl, müssen spätestens acht Wochen vor der Mitgliederversammlung, also bis zum **24.01.2018**, bei der Geschäftsstelle eintreffen.

Vorstandsratswahl 2018

Die Stimmabgabe zur Vorstandsratswahl erfolgt entweder mittels Urnenwahl im Rahmen der Mitgliederversammlung der Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik e.V. in München am Mittwoch, den **21.03.2018,** oder mittels elektronischer Stimmabgabe. Als Mitglied der GAMM erhalten Sie eine gesonderte Einladung. Stimmberechtigt sind persönliche Mitglieder der GAMM sowie namentlich benannte Delegierte der korporativen Mitglieder.

Ich bitte Sie, persönlich an der Mitgliederversammlung in München teilzunehmen und sich an der Wahl zu beteiligen. Die elektronische Stimmabgabe ist in dem Zeitraum vom **14.02.2018 bis 14.03.2018** über die Internetseite der GAMM möglich.

H. Faßbender, Präsidentin

Mitglieder der Wahlkommission für die Vorstandsratswahlen 2018

Vorsitzender:	W. Ehlers, Stuttgart, Vizepräsident
Gewählte Mitglieder:	L. Grüne, Bayreuth F. Gruttmann, Darmstadt U. Langer, Linz P. Steinmann, Erlangen

Präsidentin: **Prof. Heike Faßbender**
Technische Universität Braunschweig, Institut Computational Mathematics, AG Numerik, Universitätsplatz 2
38106 Braunschweig

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

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. Dr. Helmut Abels
Universität Regensburg, Fakultät für Mathematik,
Universitätsstraße 31, 93053 Regensburg

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

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-Ring 14, 03046 Cottbus

Prof. Barbara Kaltenbacher
Alpen-Adria-Universität Klagenfurt,
Institut für Mathematik,
Universitätsstr. 65-67, A-9020 Klagenfurt, Austria

Prof. Axel Klawonn
Universität zu Köln,
Mathematisches Institut,
Weyertal 86-90, 50931 Köln

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. Robert Seifried
Technische Universität Hamburg-Harburg, Mechanik und Meerestechnik,
Eißendorfer Straße 42 (M), 21073 Hamburg

Prof. Christian Wieners
Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Fakultät für Mathematik, Institut für Angewandte und Numerische Mathematik, Arbeitsgruppe 3: Wissenschaftliches Rechnen,

Beratende Mitglieder des Vorstandsrates

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

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

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

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

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. 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:

Dr. Rita Schmidt, Berlin
Dr. Klaus Dieter Braune, Karlsruhe
Prof. Dr.-Ing. Wilfried B. Krätzig, Bochum
Prof. Dr. Hermann Luttermann, Poggenhagen
Prof. Dr. Norbert Kuhlmann, Essen
Prof. Dr. Erich Bohl, Konstanz
Prof. Dr. Eberhard Zeidler, Leipzig