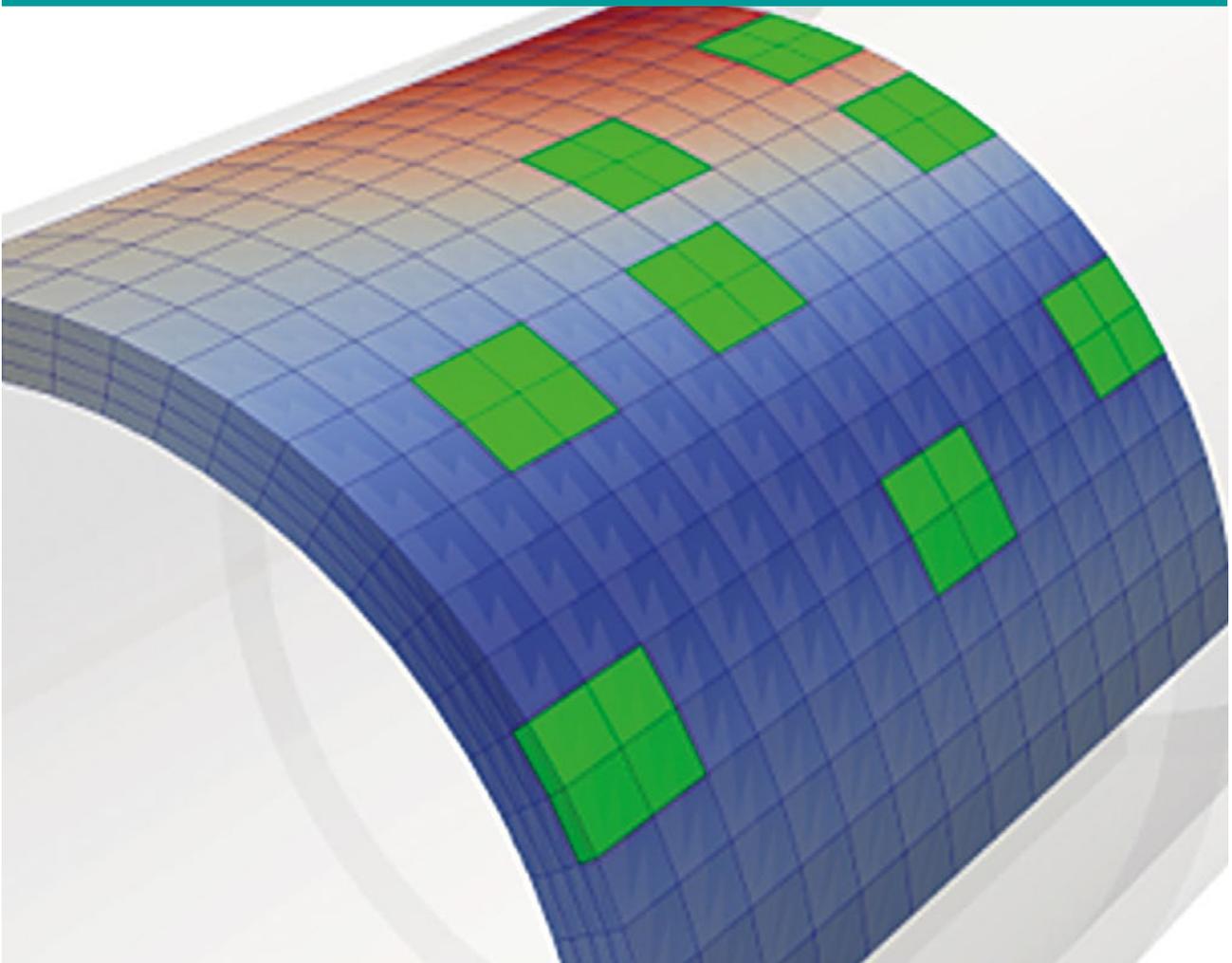


# RUNDBRIEF



**GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE MATHEMATIK UND MECHANIK**



AUS DEM INHALT:

**HERAUSGEBER**  
**IM AUFTRAG DES VORSTANDES DER GAMM E.V.:**  
**PROF. DR. AXEL KLAWONN**  
**UNIVERSITÄT ZU KÖLN**  
**PROF. DR.-ING. DANIEL BALZANI**  
**RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM**

**DIRK HARTMANN:**  
**DIGITALE ZWILLINGE**

**STEFANIE REESE, STEFFEN KASTIAN,**  
**CHRISTIAN GIERDEN:**  
**MODELLREDUKTION FÜR NICHTLINEARE**  
**PROBLEMSTELLUNGEN – IDEEN, NEUE**  
**VARIANTEN UND BEISPIELE**

**JUNGE WISSENSCHAFTLER:**  
**CARMEN GRÄSSLE**  
**GERALF HÜTTER**

**RICHARD-VON-MISES-PREIS 2020/2021**  
**GAMM-NACHWUCHSGRUPPEN**

## 2/2021

[www.gamm-ev.de](http://www.gamm-ev.de)

Herausgeber:

Prof. Dr. Axel Klawonn  
 Universität zu Köln  
 Prof. Dr.-Ing. Daniel Balzani  
 Ruhr-Universität Bochum

Schriftleitung:

Prof. Dr. Axel Klawonn  
 Universität zu Köln  
 Department Mathematik/Informatik  
 Weyertal 86-90  
 50931 Köln  
 Tel.: +49 (0)221 / 470-7868  
 E-Mail: klawonn@math.uni-koeln.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 / 463-33448  
 E-Mail: GAMM@mailbox.tu-dresden.de

Gestaltung:

Dr. Hein Werbeagentur GmbH, Köln  
[www.heinagentur.de](http://www.heinagentur.de)  
 Peter Liffers, Dortmund  
[www.liffers.de](http://www.liffers.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](http://www.bauer-frischluft-werbung.de)

ISSN 2196-3789

- 4 Digitale Zwillinge**  
von Dirk Hartmann
- 10 Modellreduktion für nichtlineare Problemstellungen – Ideen, neue Varianten und Beispiele**  
von Stefanie Reese, Steffen Kastian, Christian Gierden
- 21 Steckbrief Carmen Gräßle**
- 23 Steckbrief Geralf Hütter**
- 27 YAMM 2021 – Young Academics Meet Mentors**  
von Tobias Kaiser und Johanna Waimann
- 27 Pre-GAMM – “Onboarding for young researchers“**  
von Merten Stender, Kerstin Lux und Renate Sachse
- 29 Jahresberichte 2021 der GAMM-Nachwuchsgruppen**
- 29 U Stuttgart**  
Von Henrik Ebel, Franziska Egli und Lena Lambers
- 30 KIT**  
von Alexander Dyck und Tunc Yüzbaşıoğlu
- 30 TU Dortmund**  
von Henning Lammen, Tobias Kaiser und Tillmann Wiegold
- 31 U + TU Hamburg**  
Von Christiane Schmidt
- 31 U Augsburg**  
von Fabian Kröpfl, Pascal Schoppe und David Wiedemann
- 32 NFDI-MatWerk: Nationale Forschungsdaten-Infrastruktur für den Bereich der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik**  
von S. Diebels, C. Eberl, F. Fritzen, S. Hartmann und M. Niebel
- 36 GAMM 2020@2021, virtuell veranstaltet von/aus Kassel**  
von Olaf Wunsch, Detlef Kuhl, Andreas Meister und Andreas Ricoeur
- 38 GAMM 2021: Opening Speech**  
von Jörg Schröder
- 40 Beschlussprotokoll zur Jahreshauptversammlung 2021**
- 42 Bericht des Präsidenten zur Hauptversammlung GAMM 2021**
- 44 Links zu Fachausschüssen und weiteren Organisationen**
- 46 CIMPA**  
von Ilka Agricola, Volker Bach und Andreas Frommer
- 47 Nachruf Prof. Dr.-Ing. habil. Volker Ulbricht**  
von Markus Kästner und Thomas Wallmersperger
- 47 Laudatio auf den Gastredner Ulrich Schumann bei der Ludwig-Prandtl Gedächtnislesung**  
von Martin Oberlack
- 48 Richard-von-Mises-Preis 2020/2021**  
PD Dr. Elisa Davoli  
Dr.-Ing. Fadi Aldakheel  
Thomas Berger  
Syvia Budday
- 52 Aufruf: Nachwuchs-Minisymposien**
- 53 Aufruf: Wahlen zum Vorstandsrat**
- 54 Vorstand der GAMM**
- 55 Ehrenmitglieder der GAMM**

LIEBE LESERIN, LIEBER LESER,

LIEBE GAMM-MITGLIEDER,



nachdem im vergangenen Jahr die GAMM Jahrestagung aufgrund der Corona-Pandemie leider nicht stattfinden konnte, wurde die Veranstaltung im März 2021 als Online-Format nachgeholt. Natürlich kann ein virtuelles Konferenzformat kaum den persönlichen Austausch ersetzen. Dennoch haben die weit über 800 teilnehmenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus der Angewandten Mathematik und Mechanik die Veranstaltung zu einem Erfolg auf ganzer Linie gemacht. Voraussetzung hierfür war die perfekte Organisation, die einen reibungslosen und bestmöglich interaktiven Ablauf garantierte. In einem kurzen Bericht resümiert das Organisationsteam aus Kassel die Highlights der GAMM Jahrestagung. Die Eröffnungsrede des GAMM Präsidenten Jörg Schröder sowie sein Bericht über die Hauptversammlung sind ebenfalls in dieser Ausgabe zu finden. Wir danken den Organisatoren sowie allen Unterstützern herzlich für ihr Engagement und die gelungene Tagung. Im kommenden Jahr findet die GAMM Jahrestagung an der RWTH Aachen statt.



Der erste Leitartikel mit dem Titel "Digitale Zwillinge" von Dirk Hartmann diskutiert aktuelle Entwicklungen im Kontext einer eigentlich bekannten Grundidee aus Sicht eines Mathematikers in der Industrie. Digitale Zwillinge sind weit mehr als Simulationen. Wenngleich sie meist auf eine hohe Genauigkeit und Effizienz dieser angewiesen sind, sollen sie Auswertungen in Echtzeit ermöglichen und basieren auf verschiedenen Strategien im Kontext der Modellordnungsreduktion, der Konstruktion von Ersatzmodellen und des maschinellen Lernens. Im Gegensatz zu reinen Simulationsmodellen ist der Austausch von Daten zwischen dem digitalen und dem realen Repräsentanten in einer Feedback-Schleife von essentieller Bedeutung.

Den zweiten Leitartikel widmen Stefanie Reese, Steffen Kastian und Christian Gierden dem Thema "Modellreduktion für nichtlineare Problemstellungen - Ideen, neue Varianten und Beispiele". Während vor allen Dingen Projektionsverfahren im Fall von linearen Problemen eine deutliche Effizienzsteigerung um mehrere Größenordnungen schon länger ermöglichen, stellt die Entwicklung von effizienten Verfahren für nicht-

lineare Probleme aktuellen Forschungsgegenstand zunehmenden Interesses dar. Die hauptsächliche Problematik besteht hier darin, dass Matrizen der ursprünglichen, hochdimensionalen Problemstellung während der Online-Rechnung neu ausgewertet werden müssen und sich im Regelfall die Projektionsmatrizen ändern. In dem Artikel diskutieren die Autoren aktuelle Entwicklungsansätze, die auf verschiedenen Adaptionstrategien in Raum und Zeit basieren oder im Fall von Mehrfeldproblemen entkoppelte Projektionsmatrizen betrachten.

In dieser Ausgabe stellen sich Frau Carmen Gräßle vom Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme in Magdeburg und Herr Geralf Hütter vom Institut für Mechanik und Fluidodynamik der Technischen Universität Bergakademie Freiberg als Nachwuchswissenschaftler vor. Weiterhin wird von Aktivitäten der GAMM-Nachwuchswissenschaftler berichtet, beispielsweise über den PRE-GAMM Workshop "Onboarding for Young Scientists" über die Aktivitäten der GAMM-Nachwuchsgruppen.

Herzlich gratulieren wir den diesjährigen Richard-von-Mises-Preisträgerinnen und -Preisträgern Herrn Thomas Berger aus Paderborn und Frau Silvia Budday aus Erlangen. Da auch die Preisträgerinnen und Preisträger des letzten Jahres in diesem Jahr ihre Preise verliehen bekamen, finden sich die Laudatos aller Preisträger 2020 und 2021 in dieser Ausgabe.

Über das Nationale Forschungsdaten-Infrastruktur Konsortium "MATWERK" im Bereich Materialwissenschaft und Werkstofftechnik berichten Stefan Diebels, Christoph Eberl, Felix Fritzen, Stefan Hartmann und Markus Niebel. Weiterhin berichten Ilka Agricola, Volker Bach und Andreas Frommer über die erfolgreiche Anerkennung Deutschlands als Mitgliedsland bei CIMPA (Centre International de Mathématiques Pures et Appliquées).

Dem 2021 verstorbenen, ehemaligen langjährigen Mitglied des GAMM-Vorstandsrats Herrn Professor Volker Ulbricht gedenken die Kollegen Markus Kästner und Thomas Wallmersperger in einem Nachruf.

Wir bedanken uns herzlich bei den Autorinnen und Autoren für Ihre Beiträge. Für weitere Anregungen zur Gestaltung des GAMM-Rundbriefes und die Einsendung von Beiträgen schicken Sie bitte eine E-Mail an [axel.klawonn@uni-koeln.de](mailto:axel.klawonn@uni-koeln.de) (Mathematik) oder [daniel.balzani@rub.de](mailto:daniel.balzani@rub.de) (Mechanik).

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

Bochum und Köln im August 2021

Daniel Balzani und Axel Klawonn

# DIGITALE ZWILLINGE

VON DIRK HARTMANN

## Digitale Zwillinge

Die Komplexität von heutigen Produkten, Systemen und Prozessen wächst exponentiell. Tieferes wissenschaftliches Verständnis, rasante technische Entwicklungen und hoch volatile sozio-ökonomische Netzwerke haben zu einer Komplexität in bisher nicht gekannten Größenordnungen geführt. Diese übersteigen in den meisten Fällen die menschliche Vorstellungskraft sowie etablierte Paradigmen, mit Komplexität umzugehen. Digitale Technologien sind der erfolgversprechendste Ansatz für diese Herausforderung. Neben Künstlicher Intelligenz oder dem Internet der Dinge sind heute Digitale Zwillinge in aller Munde - insbesondere im industriellen Kontext. Beispielsweise wird prognostiziert, dass Unternehmen, die in die Digitale Zwillinge investieren, die Zykluszeiten kritischer Prozesse um 30% verbessern werden [12].

*Digitale Zwillinge [7] sind spezifische digitale Repräsentationen eines materiellen oder immateriellen Objekts oder Prozesses aus der realen Welt. Sie integrieren alle Daten, Modelle sowie andere Informationen, die entlang des Lebenszyklus entstehen. Ziel ist hierbei nicht nur ein übergreifender Datenaustausch sondern die Reproduktion des Zustandes und Verhaltens des entsprechenden Systems zur Vorhersage und Optimierung seiner Leistung entlang des kompletten Lebenszyklus. Zu diesem Zweck werden sowohl Simulationsmethoden als auch datenbasierte Methoden verwendet.*

Das Konzept des Digitalen Zwillings geht zurück auf Michael Grieves [4] und wurde zum ersten Mal 2012 von der NASA [3] einer breiten Öffentlichkeit vorgestellt. Obige Definition ist nur eine von einer Vielzahl existierender Definitionen, die insbesondere vom speziellen Kontext und Umfeld abhängen. Für eine breite Übersicht sei auf [8,13] verwiesen. Auch wenn das Konzept Digitaler Zwillinge zum ersten Mal 2012 eingeführt wurde, sind Digitale Zwillinge nicht neu. Simulation und modellbasierte Technologien sind seit Jahren sowohl in der Forschung als auch in der industriellen Entwicklung etabliert. Letztendlich erweitern Digitale Zwillinge das Konzept des modellbasierten Systems Engineering entlang des kompletten Lebenszyklus über die Forschung und Entwicklung hinaus.

## Digitale Zwillinge und das Internet der Dinge

Neben klassischen Anwendungsfeldern in Forschung und Entwicklung spielt das stetig wachsenden Internet der Dinge für Digitale Zwillinge eine zentrale Rolle. Im Gegensatz zum „Internet der Menschen“, sind Anwendungsmöglichkeiten von Datenanalyse und maschinellem Lernen im industriellen Internet der Dinge sehr beschränkt. Im Kontext von Social Media, Online-Entertainment, Online-Handel, Bild- und Videoerkennung oder Sprachverarbeitung, wo Daten im Überfluss vorhanden sind, haben sich Datena-

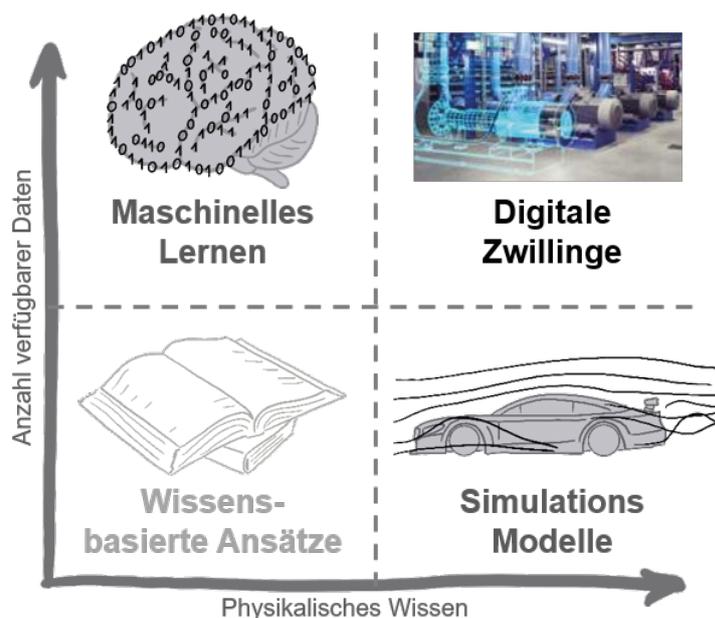


Abb. 1: Digitale Zwillinge kombinieren klassische Modellierungs-, Simulations- und Optimierungs-Technologien mit datenbasierten Methoden, um den Zustand und das Verhalten des entsprechenden realen Systems zu reproduzieren und seine Leistung vorherzusagen sowie zu optimieren.

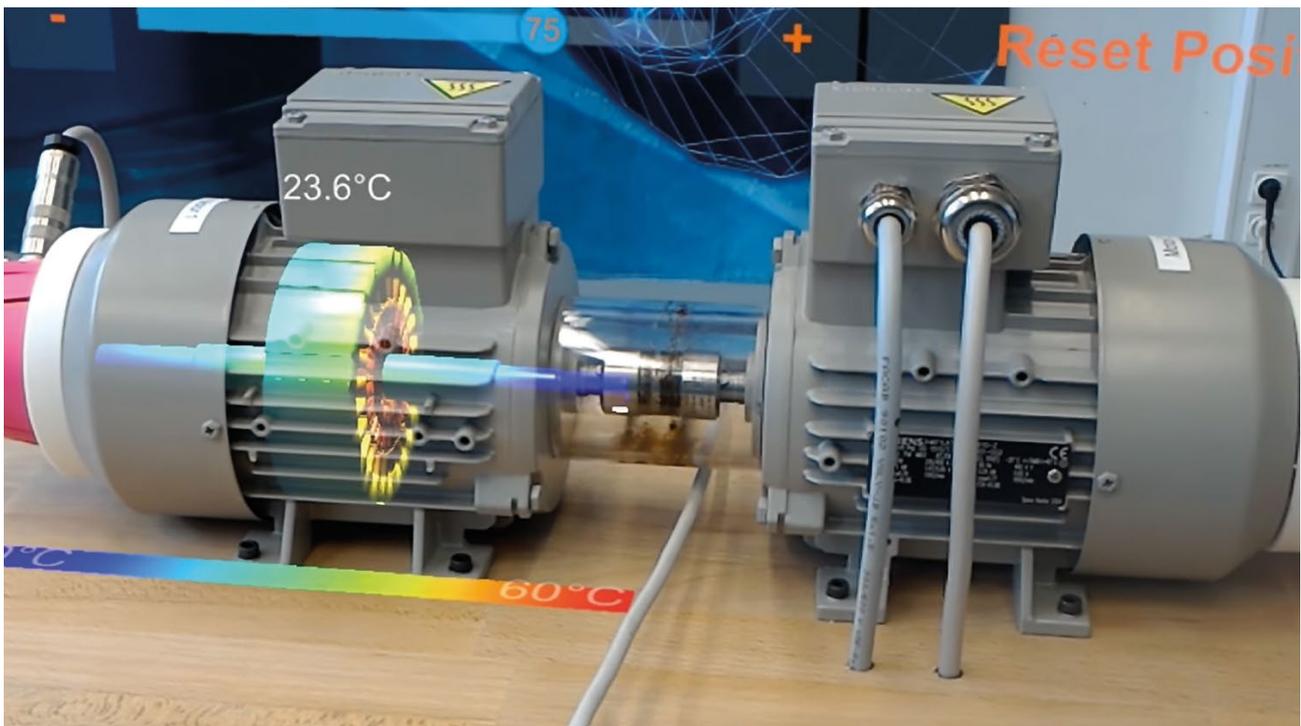


Abb. 2: Virtuelle Sensoren basierend auf Echtzeit-Temperaturvorhersagen durch Digitale Zwillinge in einem elektrischen Antrieb zur Erhöhung der Verfügbarkeit.

nalyse und maschinelles Lernen als extrem leistungsfähige Technologien erwiesen [14]. Im industriellen Kontext des Internet der Dinge sind entsprechende Daten jedoch nur bedingt verfügbar. Gründe sind die oft sehr unterschiedlichen und flexiblen Anwendungsdomänen sowie die Bereitschaft von Unternehmen Daten mit anderen zu teilen. Des Weiteren müssen Aussagen oft sehr genau sein, da in vielen Fällen Entscheidungen mit potenziell weitreichenden (geschäftlichen) Auswirkungen getroffen werden. Digitale Zwillinge, die rigorose (physikalische) Modellen mit datenbasierten Methoden kombinieren, eröffnen hier neue Anwendungsgebiete. Sich gerade etablierenden Forschungsgebiete wie Scientific Machine Learning oder Physics Informed Machine Learning zeigen bereits heute ein großes Potential auf [9,14]. Kombiniert mit der Verfügbarkeit von Daten und Rechenleistung im direkten Umfeld von Maschinen, Anlagen und Infrastrukturen können digitale Zwillinge völlig neue Ansätze für den Betrieb und Wartung dieser ermöglichen, wie folgende zwei Beispiele zeigen.

### Virtuelle Sensoren für elektrischen Antriebe

Der erste Anwendungsfall ist die Echtzeitvorhersage von Temperaturen für Rotoren großer elektrischer Antriebe ohne zusätzliche Sensorik<sup>1</sup> (Abbildung 2). Viele elektrische

Antriebe sind in ihrem Betrieb temperaturbegrenzt. Effektive Messungen an den richtigen Stellen wie Rotoren oder Lagern sind jedoch aufgrund mangelnder Sensortechnologie oft nicht verfügbar. Somit werden konservative Betriebsstrategien verwendet, die die Verfügbarkeit einschränken. Digitale Zwillinge können durch die Kombination von physikbasierten mathematischen Modellen zusammen mit einer Online-Kalibrierung und Unsicherheitsquantifizierung Temperaturen parallel zum Betrieb vorhersagen und somit als virtuelle Sensoren genutzt werden [6]. Hierdurch kann die Verfügbarkeit von elektrischen Antrieben erhöht werden und zum Beispiel in der Öl- und Gasindustrie bis zu 200 000 € pro Stunde eingespart werden. Rein datenbasierte Lösungen würden in diesem Zusammenhang nicht funktionieren, da viele Maschinen nur in kleinen Stückzahlen produziert werden und mögliche Ausfälle bei der Gewinnung ausreichender Daten enorme Summen kosten würden.

### Modellbasierte Steuerung von Fräs-Robotern

Der zweite Anwendungsfall, den wir hervorheben möchten, ist die modellbasierte Steuerung zur Erhöhung der Genauigkeit beim industriellen Fräsen mittels Robotern<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Siehe auch <https://youtu.be/86vkjkbHRM> ©2018 Siemens

<sup>2</sup> Siehe auch <https://youtu.be/2ilN-9Kno3o> © 2019 Siemens



## Hybride Modellordnungsreduktion als Kerntechnologie

Neben dem Potential für industrielle Anwendungen wollen wir im Folgenden die Modellordnungsreduktion als eine mathematische Kerntechnologie hervorheben. In vielen Bereichen haben die Entwicklungen im Feld der Computational Science und Engineering zu exponentiellem Gewinn von Geschwindigkeit und Genauigkeit geführt. Dennoch ist die Ableitung von Modellen mit bestimmter Genauigkeit und Modellkomplexität (und damit Rechengeschwindigkeit) eine zentrale Herausforderung im industriellen Umfeld, insbesondere bei Anwendungen zur Betriebsoptimierung, wo es sich oft um hoch dynamische nicht-lineare Modelle handelt. Wie oben adressiert, ist dies ein wesentlicher Grund warum Digitale Zwillinge heute nicht so weit genutzt werden, wie das Potential vorhanden wäre. Fortschritte in der Modellordnungsreduktion erlauben die automatische Ableitung von genügend genauen Modellen für industrielle Realzeit Anwendungen. Dabei wird der manuelle Aufwand des Experten durch algorithmische Lösungen ersetzt. Auch wenn intrusive Methoden der Modellordnungsreduktion, wie Balanced Truncation oder Krylov-Verfahren, deutliche Erfolge gezeigt haben, spielen im industriellen Kontext vermehrt nicht-intrusive Verfahren eine Rolle. Letztere haben oft einen sehr engen technologischen Bezug zum maschinellen Lernen.

Alle nicht-intrusiven Verfahren basieren auf einem repräsentativen Sampling der potenziellen Zustände und möglichen Trajektorien, z.B. durch Simulation unterschiedlicher Parameterkombinationen. Basierend auf diesen Trajektorien (oft hoch dimensionalen Zustandsräumen von mehr als 1Mio Freiheitsgraden), werden in einem ersten Schritt mittels Dimensions-Reduktions-Methoden entsprechende niedrig dimensionale Unterräume identifiziert. Die wohl bekanntesten Verfahren sind die lineare Proper Orthogonal Decomposition oder nicht-lineare Autoencoder (spezielle Neuronale Netze).

Im nächsten Schritt werden die hochdimensionalen Trajektorien in diesen niedrig dimensionalen Unterraum projiziert und ein Ersatz-Modell in diesem identifiziert. Neben expli-

ziten Projektionen von Operatoren im linearen Fall und Methoden des Sparse Sampling (Discrete Empirical Interpolation) werden im Wesentlichen Regressions-Methoden verwendet. Neben der Regression mit Neuronalen Netzen, z.B. Runge-Kutta Netzen [16], zeigt vor allem das relativ neue Konzept der Operator-Inferenz [11] interessante Möglichkeiten auf. Während neuronale Netze in einen „beliebig“ großen Funktionenraum nach einer Approximation suchen beschränkt sich das Konzept der Operator-Interferenz auf einfache, typischerweise polynomiale, Zusammenhänge. Oft genügen entsprechend einfache Modelle für industrielle Anwendungen und oft bieten diese deutlich bessere Extrapolationseigenschaften.

In Abbildung 4 ist eine entsprechende Modellordnungsreduktion zur Temperaturvorhersage in einem Röhrenreaktor dargestellt. Diese kombiniert Proper-Orthogonal Decomposition zur Identifikation eines niedrig dimensionalen Zustandsraumes, Discrete Empirical Interpolation zur Identifikation des nicht-linearen Wärmeeintrags durch chemische Reaktionen sowie Operator-Inferenz zur Identifikation der räumlichen Wechselwirkungen wie Transport und Diffusion von Wärme [1,5]. So konnte das entsprechende komplexe einer kommerziellen CFD Software mit tausenden von Freiheitsgraden auf ein Modell mit 8 Freiheitsgraden reduziert werden. Dieses eignet sich zum Beispiel zur Verwendung und Optimierung von Prozesssteuerungen.

Oben beschriebene Verfahren sind im wesentlichen Standard Regressionsverfahren. Hierbei wird die rechte Seite einer gewöhnlichen Differentialgleichung identifiziert, d.h. die Summe der Abweichungen der beobachteten Zeitableitungen und der Vorhersagen vom Modell zu jedem Zeitpunkt minimiert. Entsprechende Probleme sind meist schlecht gestellt, so dass sowohl die entsprechenden Zeitableitungen der vollen Systeme sehr gut bestimmt werden müssen als auch eine zusätzliche Regularisierung des Optimierungsproblems benötigt wird. Hier bieten neue Ideen aus dem maschinellen Lernen und Dynamischen Systemen wie Neuronale Differentialgleichungen [2] alternative Lösungsansätze, die ohne manuelles Tuning auskommen

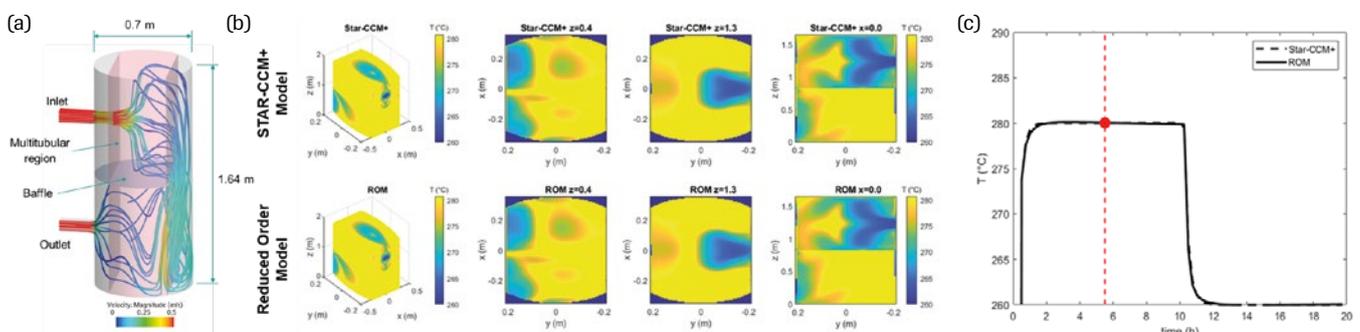


Abb. 4: (a) CFD-Simulation eines Röhrenreaktors mit einer kommerziellen Software; (b) Vergleich von räumlichen Temperatur-Profilen / Schnitten der vollen Simulation und eines reduzierten Modells zum Zeitpunkt 5:45h während eines Aufheizungs- und Abkühlungsprozesses, (c) gemittelte Temperatur von vollem und reduziertem Modell [5].

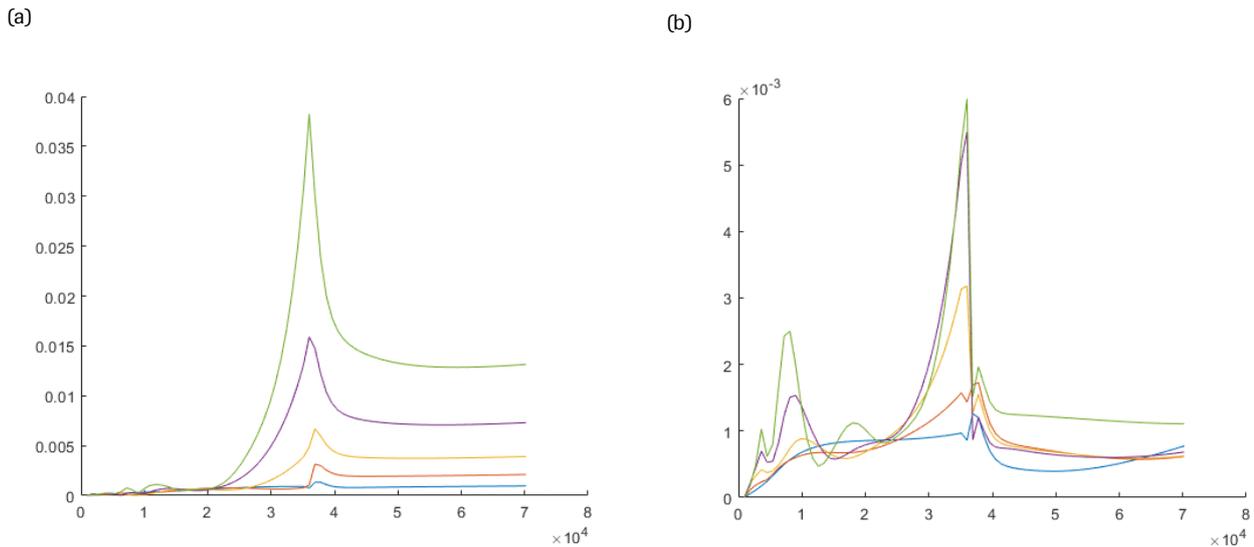


Abb. 5: Operator-Inferenz: Vergleich der Genauigkeit der zeitlichen Vorhersage von 8 Moden eines reduzierten Modells unter (a) Verwendung eines Standard Least-Square Ansatzes und (b) eines Optimierungsproblems unter Nebenbedingungen („Optimalsteuerungsproblem“) [5].

und dennoch einen deutlich geringeren Fehler aufweisen (Abbildung 5). Das Optimierungsproblem wird als Optimalsteuerungsproblem umgeschrieben (wobei die Modellparameter als Steuerungsparameter interpretiert werden). Es wird somit der Abstand der Trajektorien minimiert und nicht die aufsummierte zeitliche Änderung zu speziellen Zeitpunkten. Da die zugrunde liegenden reduzierten Probleme niedrig dimensional sind, können erfolgreiche Ansätze und Tools aus dem Umfeld der Optimalsteuerung direkt verwendet werden [5]. Dieses Beispiel verdeutlicht, wie ein enges Zusammenspiel unterschiedlicher mathematischer Disziplinen für erfolgreiche industrielle Innovationen in vielen Bereichen unabdingbar sind.

### Zusammenfassung und Ausblick

Digitale Zwillinge sind nicht neu. Aufgrund der rasant wachsenden Komplexität von vielen Systemen auf der einen Seite und der schnell fortschreitenden Entwicklung von Rechenleistung, Datenverfügbarkeit und Algorithmen auf der anderen Seite, ist zu erwarten, dass Digitale Zwillinge zu einem immer wichtigeren Bestandteil industrieller Lösungen werden. Digitale Zwillinge erlauben es, neben klassischen Anwendungsfeldern in Forschung und Entwicklung, insbesondere den Betrieb und die Wartung von industriellen Komponenten, Systemen, Anlagen und Infrastrukturen neu zu denken, wie die zwei vorgestellten Beispiele eindrucksvoll zeigen. Bis dahin sind jedoch noch eine Vielzahl von Herausforderungen sowohl technischer als auch struktureller Natur zu meistern.

Mathematische Methoden spielen hierbei eine zentrale Rolle. Beispielhaft haben wir hier Technologien zur nicht-intrusiven Modellordnungsreduktion skizziert. Das Feld

mathematischer Herausforderungen ist jedoch um ein Vielfaches größer und reicht von neuen hybriden Modellierungskonzepten, die datenbasierte und rigorose physikalische Modelle kombinieren, und Unsicherheitsquantifizierung, die auch Entscheidungen mit weitreichenden Konsequenzen ermöglicht, bis hin zu neuen Algorithmen, die die heterogene Hardware des Internet der Dinge von Edge bis Cloud Computing effizient nutzen. Damit ist abzu-sehen, dass Digitale Zwillinge in Zukunft viele spannende Impulse für eine Anwendungsorientierte Forschung bieten.

### Literatur

- [1] P. Benner, P. Goyal, B. Kramer, B. Peherstorfer, and K. Willcox. Operator inference for non-intrusive model reduction of systems with non-polynomial nonlinear terms. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 372:113433, 2020.5
- [2] R. Chen, Y. Rubanova, J. Bettencourt, and D. Duvenaud. Neural ordinary differential equations. *arXiv preprint arXiv:1806.07366*, 2018.
- [3] E. Glaessgen and D. Stargel. The digital twin paradigm for future NASA and US air force vehicles. In *53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC structures, structural dynamics and materials conference; 20th AIAA/ASME/AHS adaptive structures conference 14th AIAA*, page 1818, 2012.
- [4] M. Grieves and J. Vickers. Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems. In *Transdisciplinary perspectives on complex systems*, pages 85–113. Springer, 2017.
- [5] D. Hartmann and L. Failer. A differentiable solver approach to operator inference. *arXiv preprint arXiv:1806.07366*, 2021.
- [6] D. Hartmann, M. Herz, M. Paffrath, J. Rommes, T. Tamarozzi, H. Van der Auweraer, and U. Wever. Model order reduction and digital twins. In *Model Order Reduction - Volume 3: Applications*, pages 379–430. De Gruyter, 2020.

- [7] D. Hartmann and H. Van der Auweraer. Digital twins. Progress in Industrial Mathematics: Success Stories: The Industry and the Academia Points of View, 5:3, 2021.
- [8] D. Jones, C. Snider, A. Nassehi, J. Yon, and B. Hicks. Characterising the digital twin: A systematic literature review. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 29:36–52, 2020.
- [9] G. Karniadakis, I. Kevrekidis, L. Lu, P. Perdikaris, S. Wang, and L. Yang. Physics-informed machine learning. Nature Reviews Physics, pages 1–19, 2021.
- [10] Markets and Markets. Digital twin market by technology, type, application, industry, and geography - global forecast to 2026. <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/digital-twin-market-225269522.html>, 2020.
- [11] B. Peherstorfer and K. Willcox. Data-driven operator inference for noninvasive projection-based model reduction. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 306:196–215, 2016.
- [12] C. Pettey. Prepare for the impact of digital twins. <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/prepare-for-the-impact-of-digital-twins>, 2017.
- [13] F. Tao, H. Zhang, A. Liu, and A. Nee. Digital twin in industry: State-of-the-art. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 15(4):2405–2415, 2018.
- [14] K. Willcox, O. Ghattas, and P. Heimbach. The imperative of physics-based modeling and inverse theory in computational science. Nature Computational Science, 1(3):166–168, 2021.
- [15] M. Zaeh, F. Schnoes, B. Obst, and D. Hartmann. Combined offline simulation and online adaptation approach for the accuracy improvement of milling robots. CIRP Annals, 69(1):337–340, 2020.
- [16] Q. Zhuang, J. Lorenzi, H.-J. Bungartz, and D. Hartmann. Model order reduction based on runge-kutta neural network. arXiv preprint arXiv:2103.13805, 2021.



**Dirk Hartmann** ist seit 2018 der Senior Principal Scientist für Simulation und Digitale Zwillinge der Siemens Technology. Er studierte Physik, Angewandte Mathematik und Mathematik in Heidelberg und Cambridge, UK. Nach seiner Promotion in der Angewandten Mathematik in 2007 in Heidelberg und einer Postdoc Tätigkeit im Anschluss ist er seit 2009 in unterschiedlichen (leitenden) Positionen in der Siemens AG in München und Princeton, USA, tätig. Seine Forschungsergebnisse finden sich heute in vielen Produkten wieder und für seine Leistungen erhielt er zahlreiche Anerkennungen, u. A. die Aufnahme in das Wissenschaftliche Nachwuchs Kolleg der Heidelberger Akademie der Wissenschaften oder den Siemens Top Innovator Award, der jährlich an maximal 2-4 Personen verliehen wird.

# MODELLREDUKTION FÜR NICHTLINEARE PROBLEMSTELLUNGEN – IDEEN, NEUE VARIANTEN UND BEISPIELE

VON STEFANIE REESE, STEFFEN KASTIAN, CHRISTIAN GIERDEN

## Einleitung

Die Geschichte der Modellreduktion – die Reduktion oder Vereinfachung eines Modells – ist fast so lang wie diejenige der mathematischen Modellierung selbst. Schon im 17. Jahrhundert konnte durch die Bernoullischen Annahmen eine gut handhabbare Balkenmodellierung entwickelt werden. Berechnungen komplexer zusammengesetzter Systeme in der Industrie werden durch Ersatzsysteme, zum Beispiel basierend auf Federn und Dämpfern, nennenswert erleichtert und beschleunigt. In der Schwingungsanalyse entstand bereits in der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts die Idee, die den höheren Frequenzen zugeordneten Bestandteile der dynamischen Antwort eines Systems zu vernachlässigen (modale Reduktion).

Heutzutage versteht man unter Modellreduktion die Approximation eines hochdimensionalen Systems durch ein System niedrigerer Dimension. Nach der räumlichen und zeitlichen Diskretisierung eines Systems partieller Differenzialgleichungen, mit denen ein naturwissenschaftliches oder technisches Problem beschrieben wird, liegt ein System von  $n$  zu lösenden Gleichungen vor. Bei komplexen Fragestellungen geht die Dimension  $n$  in die Milliarden. Es ist offensichtlich, dass die Lösung eines solchen Gleichungssystems, insbesondere wenn es nichtlinear ist, in akzeptabler Zeit kaum machbar ist. Des Weiteren besteht immer häufiger die Anforderung, eine Lösung in Echtzeit bereitzustellen. Dies ist insbesondere im Rahmen medizinischer Eingriffe oder bei der Steuerung komplexer Herstellungsprozesse von Bedeutung.

## Beispiele aus dem Bauingenieurwesen und der Medizin.

Im modernen Bauingenieurwesen und in der Architektur liegt häufig das Problem vor, dass ein Bauwerk unter Berücksichtigung der bekannten Nebenbedingungen aus DIN-Normen und weiteren Gegebenheiten wie Materialverbrauch und Örtlichkeit, entworfen werden muss. Es hat dann keinen Sinn, jeden möglichen Entwurf mit hoher Genauigkeit durchzurechnen. Das Verfahren der Modellreduktion sollte in diesem Fall vielmehr dazu genutzt werden, sehr viele unterschiedliche Kompositionen automatisiert in kürzester Zeit aufzustellen, durchzuspielen und nach Qualität zu sortieren. In einer solchen Entwurfsphase darf der sinnvoll zu definierende Fehler relativ groß sein.

Im Gegensatz dazu muss bei einem medizinischen Eingriff der Arzt oder die Ärztin die Ergebnisse sehr schnell und

mit hoher Genauigkeit abfragen können. Nur wenn die Simulation in der Lage ist, verlässlich, robust und schnell Ergebnisse hoher Qualität zu liefern, kann eine solche „numerische Begleitung“ Einzug in die Medizin halten. Es liegt auf der Hand, dass dies, zumindest in Bezug auf die Modellierung von biologischem Gewebe, nur eine Vision ist, die jedoch schon in einigen Jahren zur Realität werden könnte.

## Anforderungen: Effizienz, Robustheit und Genauigkeit.

An die Methoden zur Modellreduktion werden demnach mehrere Anforderungen gestellt. Zum einen soll das reduzierte System eine Antwort in einer vorgegebenen Zeit liefern. Das Verfahren muss robust genug sein, damit diese Antwort verlässlich kommt. Zum anderen muss die Lösung genau genug sein. Die genauen Vorgaben sind natürlich abhängig von der konkreten Problemstellung, für die die Berechnung durchgeführt wird.

## Modellreduktion mit Hilfe von Projektionen

Die weitaus meisten Verfahren zur Modellreduktion basieren auf Projektionen. Dabei wird die oben genannte  $n$ -dimensionale Gleichung auf ein geeignetes Ersatzsystem deutlich kleinerer Dimension  $r \ll n$  projiziert. Um dies sinnvoll durchführen zu können, muss zunächst eine Basis gefunden werden, die die enthaltenen Systemcharakteristiken möglichst vollständig und ausreichend genau widerspiegelt. Die gewählte Basis definiert einen Unterraum, der durch Abschneiden („Truncation“) der weniger signifikanten Systemanteile reduziert wird. Die im Folgenden gelisteten Methoden unterscheiden sich in der Aufstellung der Basis und der gewählten Truncation-Strategie.

## Klassifizierung in (1) Singulärwert-basierte, (2) Krylov-basierte Methoden.

Zu der Gruppe (1) gehören z. B. die schon oben angesprochene modale Reduktion, die „Proper Orthogonal Decomposition“ (POD) und die „Balanced Truncation“. Die meisten Verfahren der Gruppe (2) basieren auf der sogenannten Zustandsraum-Darstellung, die sich mittels der Laplace-Transformation in den Frequenzraum transformieren lässt. Daraus ergibt sich schließlich ein Zusammenhang  $Y(s) = H(s) F(s)$  zwischen Eingang  $F(s)$  und Ausgang  $Y(s)$  des Systems. Die Größe  $H(s)$  stellt die Übertragungsfunktion dar, deren

Formulierung als Taylorreihe die sogenannten Momente der Übertragungsfunktion liefert. Durch Abbruch der Taylorreihe ergibt sich ein reduziertes System. Die dafür benötigten Momente lassen sich mit iterativen Krylov-Unterraum-Verfahren wie zum Beispiel dem Arnoldi- oder dem Lanczos-Algorithmus bestimmen. Während sich Methoden der Gruppe (1) dadurch auszeichnen, dass wichtige Eigenschaften des nichtreduzierten Systems erhalten bleiben und eine fundierte Fehleranalyse leicht möglich ist, liegt der Vorteil der Methodenklasse (2) in der numerisch effizienteren Implementierung.

**Proper Orthogonal Decomposition.** Da es sich bei der POD um ein sehr häufig verwendetes Verfahren handelt und sie auch in den später illustrierten Beispielen zum Einsatz kommt, sei sie hier kurz erläutert. Es geht zunächst darum, das Verhalten des zu untersuchenden physikalischen oder technischen Systems möglichst gut zu erfassen. Dafür werden an dem unreduzierten System (vorab, „offline“) beliebig viele sogenannte Schnappschüsse („Snapshots“) charakteristischer Systemzustände eingesammelt. Dies sind bei einem mechanischen System repräsentative Verschiebungszustände unter unterschiedlichen Belastungen und zu unterschiedlichen Zeiten. Die entsprechenden  $p$  Vektoren der Länge  $n$  werden in einer  $n \times p$  Matrix  $\mathbf{D}$  abgespeichert. Mit der Lösung des Eigenwertproblems für die dazugehörige Korrelationsmatrix  $\mathbf{R} = 1/(p-1) \mathbf{D}^T \mathbf{D}$  wird ermittelt, welche Verschiebungszustände – häufig als „Moden“ bezeichnet – signifikant sind. Letztere sind mit relativ großen Eigenwerten verknüpft, wohingegen kleine Eigenwerte andeuten, dass der entsprechende Mode nicht signifikant oder sogar linear abhängig ist. Die schließlich gewählten  $r$  Moden werden in die orthogonale  $n \times r$  Projektionsmatrix  $\mathbf{P}$  geschrieben, mit deren Hilfe der Zusammenhang  $\mathbf{U} = \mathbf{P} \mathbf{U}_{\text{red}}$  angegeben werden kann, wobei  $\mathbf{U}$  ( $\mathbf{U}_{\text{red}}$ ) die Lösung des unreduzierten (reduzierten) Systems bezeichnet. Die tatsächliche Rechnung, d.h. die „online“-Berechnung, wird im linearen Fall nur mit  $r$  Freiheitsgraden durchgeführt.

Für weitere Informationen sei auf die folgende Literatur verwiesen: Antoulas [2], Benner/Mehrmann/Sorensen [3], Haasdonk/Ohlberger [8], Hinze/Volkwein [9], Lehnen/Eberhard [14], Meister [16], Meyer/Matthies [17], Sirovitch [23], Stykel [25].

## Modellreduktion bei nichtlinearen Problemstellungen

Die POD als Ausgangspunkt nehmend, ist die Reduktion eines globalen Gleichungssystems  $\mathbf{K} \mathbf{U} = \mathbf{F}$  mit  $\mathbf{U} = \mathbf{P} \mathbf{U}_{\text{red}}$  keine sehr schwere Übung. Einsetzen der zweiten Gleichung in die erste sowie die Multiplikation mit  $\mathbf{P}^T$  von links liefert mit  $\mathbf{P}^T \mathbf{K} \mathbf{P} \mathbf{U}_{\text{red}} = \mathbf{P}^T \mathbf{F}$  das reduzierte Gleichungssystem für nur noch  $r$  Freiheitsgrade. Eine konstante Matrix  $\mathbf{K}_{\text{red}} = \mathbf{P}^T \mathbf{K} \mathbf{P}$  kann offline berechnet und invertiert werden.

In der Festkörpermechanik liegen jedoch sehr häufig nichtlineare Gleichungssysteme im Format  $\mathbf{R}(\mathbf{U}) = \mathbf{F}$  vor. In sehr vielen Fällen sind außerdem innere Variablen wie inelastische Verzerrungen zu bestimmen. Die angegebene Gleichung lässt sich linearisieren und z. B. mit dem Newton-Verfahren lösen. Daraus ergibt sich das linearisierte Gleichungssystem  $\mathbf{K}_1 \Delta \mathbf{U} = -(\mathbf{R}(\mathbf{U}) - \mathbf{F})$ , auf das obige Projektion ebenfalls anwendbar ist.

**Reduktion der Auswertepunkte.** Sehr ungünstig im Hinblick auf eine wesentliche Reduktion der Rechenzeit ist jedoch die Tatsache, dass die Matrix  $\mathbf{K}_1$  nicht konstant ist. Die Möglichkeit, das globale Gleichungssystem von  $n$  auf  $r$  Unbekannte zu reduzieren, ändert nichts daran, dass  $\mathbf{K}_1$  immer wieder neu aufgestellt werden muss. Dafür sind die häufig komplexen Konstitutivgleichungen in jedem Auswertepunkt (meistens Gaußpunkt) des Systems zu lösen. Es gibt verschiedene Methoden zur intelligenten Reduktion der Auswertepunkte (z.B. Discrete Empirical Interpolation oder Hyperreduction), die weiter unten noch einmal angesprochen werden. Grundsätzlich ist zu sagen, dass diese Methoden bei „glattem“ Materialverhalten, zum Beispiel hyperelastischem Verhalten, sehr robust funktionieren und zu einer Reduktion der Rechenzeit um mehrere Größenordnungen beitragen. Im Zusammenhang mit Plastizität oder Schädigung, d.h. Materialverhaltensweisen mit Fallunterscheidung, treten jedoch häufig Instabilitäten auf, die in der Forschungscommunity weiter untersucht werden müssen.

**Örtlich und zeitlich zerlegte Modellreduktion.** Die Herausforderungen der nichtlinearen Modellreduktion können umgangen werden, wenn die Modellreduktion auf die Bereiche beschränkt wird, in denen z. B. elastisches Materialverhalten vorliegt. Eine solche Vorgehensweise bietet sich besonders an, wenn die Bereiche mit komplexem inelastischen Verhalten klein sind. Nachteil

dieser Strategie ist die nötige Substrukturierung des Systems und deren ständige Anpassung an das sich verändernde Materialverhalten [20].

Eine weitere interessante Variante der Modellreduktion bietet sich bei multiphysikalischen Problemstellungen an. Standardmäßig würden alle Freiheitsgrade trotz unterschiedlicher physikalischer Bedeutung gleichbehandelt werden. In vielen Fällen ist jedoch zu erwarten, dass diese Vorgehensweise entweder ineffizient oder zu großer Ungenauigkeit führt. Man denke nur an die hochdynamische Belastung beim Rollen eines Fahrzeugs im Vergleich zu der eher langsamen Temperaturänderung. Im Rahmen der POD kommt hier eine Entkopplung der Projektionsmatrix  $\mathbf{P}$  entsprechend  $\mathbf{P} = [\mathbf{P}_U, \mathbf{0}; \mathbf{0}, \mathbf{P}_T]$  in Frage, so dass unterschiedliche Reduktionen für die Gruppen der Verschiebungs- und der Temperaturfreiheitsgrade durchgeführt werden können.

Ein weiterer Aspekt betrifft die zeitliche Entwicklung der relevanten physikalischen Größen. Bisher wird davon ausgegangen, dass die Matrix  $\mathbf{P}$  offline bestimmt und dann konstant gehalten wird. Dies führt jedoch oft zu ungenauen Ergebnissen. Die Modellreduktion sollte vielmehr in bestimmten Zeitabständen upgedated werden, was bei einer entkoppelten Sichtweise für die beteiligten Gruppen der Freiheitsgrade unterschiedlich oft geschehen kann.

**Intrusive und nichtintrusive Modellreduktion.** Die Problematik, dass das konstitutive Verhalten immer wieder neu evaluiert werden muss, wurde oben bereits erwähnt. Wenn ein ständiger Rückgriff auf das Originalsystem erforderlich ist, wird von intrusiver Modellreduktion gesprochen. Es ist eine große Herausforderung, Modellreduktion bei nichtlinearen Problemstellungen nichtintrusiv zu gestalten. Dennoch liegen dazu bereits einige Ideen in der Literatur vor, die jedoch noch nicht auf inelastisches Materialverhalten in der Festkörpermechanik angewendet wurden. Interessant ist die Verknüpfung der Modellreduktion mit einer datenbasierten Darstellung des Materialverhaltens (zum Beispiel Input-Output-Zusammenhänge basierend auf neuronalen Netzwerken), die – offline erzeugt – die Online-Rückkopplung zum Originalsystem vermeidbar machen.

## Anwendung der POD bei nichtlinearen Problemstellungen

**Veranschaulichung der POD anhand einer gekerbten hyperelastischen Scheibe.** Im Folgenden wird die Wirkungsweise der POD anhand einer unsymmetrisch eingekerbten Scheibe veranschaulicht (Bild 1, links). Die Scheibe wird am unteren Rand festgehalten, während am oberen Rand gezogen wird. In der Offline-Berechnung, hier basierend auf einer lockingfreien Finite-Elemente-Technologie, geht es zunächst um die Aufstellung der sogenannten Snapshotmatrix  $\mathbf{D} = [U_1, \dots, U_p]$ , die unterschiedliche Lösungen  $U_i$  ( $i=1, \dots, p$ ) für den globalen Verschiebungsvektor enthält. In dem hier betrachteten Beispiel sind Randbedingungen, Geometrie und Material eindeutig definiert, so dass die Wahl der  $p$  Schnappschüsse keine große Phan-

tasie erfordert. In vielen interessanten Anwendungen sind jedoch Variationen von Randbedingungen, Geometrie und Material in die Analyse einzubeziehen. Man denke an die eingangs geschilderte Designaufgabe im Bauingenieurwesen oder aber auch an Fragen der Uncertainty Quantification [10]. Die Wahl geeigneter Snapshots stellt in diesen Fällen eine große Herausforderung dar, der man zum Beispiel mit der weiter unten geschilderten adaptiven POD begegnen kann.

Die vorne beschriebene Vorgehensweise, die auch als spezielle Form der Singulärwertzerlegung formuliert werden kann, liefert zum einen  $p$  Eigenwerte, zum anderen die dazugehörigen POD-Moden. Die mit den größten Eigenwerten assoziierten POD-Moden bilden jeweils eine charakteristische Lösung für das untersuchte System ab. Wenn wie in dem vorliegenden Fall rein mechanisch gerechnet wird, handelt es sich um eine Verschiebung (Bild 1, rechts). Bei multiphysikalischen Problemstellungen kommen auch die POD-Methoden „gemischt“ heraus, d.h. sie enthalten Freiheitsgrade unterschiedlichen physikalischen Ursprungs.

Für hyperelastisches Materialverhalten ist es typisch, dass bereits ein einziger POD-Mode oder eine sehr geringe Anzahl davon ausreichend ist, um das Problem gut zu beschreiben und das ursprüngliche Gleichungssystem entsprechend zu reduzieren. Die Lösung ist eine Linearkombination der verwendeten Moden.

**Berücksichtigung von nichtlokaler Schädigung und Plastizität.** Um die Wirkungsweise der POD bei einem stark nichtlinearen Problem zu erörtern, wird nachfolgend wieder die gekerbte Scheibe, aber nun basierend auf einem Materialmodell mit gradientenerweiterter Schädigung und Plastizität [4], untersucht. Entsprechend entwickelt sich ein Schädigungsband zwischen den Kerben. Es liegt auf der Hand, dass sich die relevanten POD-Moden mit fortschreitender Schädigung ändern dürften. Bei der bisher

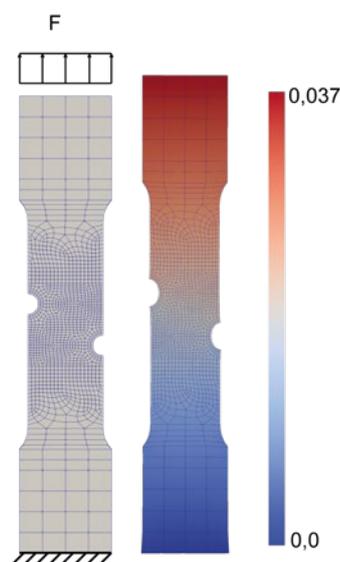


Abb. 1: Links: Geometrie, Randbedingungen und Finite-Elemente-Netz für die gekerbte hyperelastische Scheibe. Rechts: Dimensionslose Norm des ersten POD-Modes (Verschiebung).

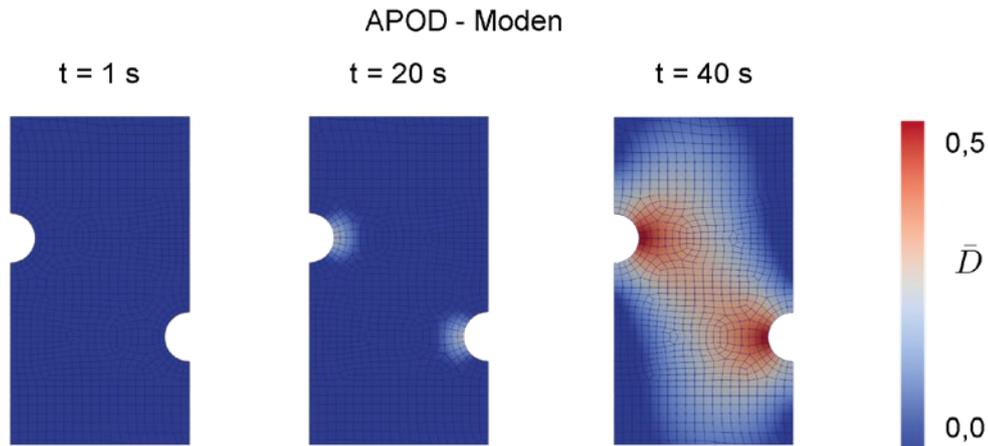


Abb. 2: Ausschnitt der gekerbten Scheibe mit dem jeweils wichtigsten POD-Mode der adaptiven POD (APOD) für verschiedene Zeitschritte. Der Mode enthält sowohl Verschiebungs- als auch nichtlokale Schädigungsfreiheitsgrade. Die farbliche Kontur bezieht sich auf die nichtlokale Schädigung  $\bar{D}$ .

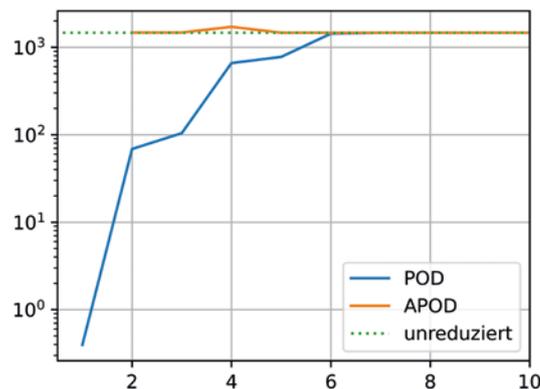


Abb. 3: Vergleich der maximal aufbringbaren Kraft von POD und APOD mit einer unreduzierten Lösung für eine unterschiedliche Anzahl an POD-Moden.

beschriebenen „klassischen“ POD werden hingegen die in der Projektionsmatrix gespeicherten offline ausgewählten Moden konstant gehalten.

Um dieser erhöhten Anforderung gerecht zu werden, können verschiedene neue Methoden und Erweiterungen der bestehenden POD herangezogen werden. Ein Beispiel sind „Local Reduced-order Bases“-Methoden [1]. Zu dieser Gruppe gehört auch die adaptive POD (APOD) [11], bei der nur die Snapshots berücksichtigt werden, die möglichst gut zu dem aktuellen Zustand passen. Interessant ist hier, dass die nichtlokale Schädigung  $\bar{D}$  als zusätzlicher Freiheitsgrad an jedem Knoten des Finite-Elemente-Netzes auftaucht. Aus diesem Grund enthalten die wesentlichen POD-Moden nicht nur Verschiebungen, sondern auch die nichtlokalen Schädigungswerte (Bild 2).

Bei dem vorliegenden Beispiel erweist sich die APOD als sehr gute Wahl, da die Versagenskraft (maximal mögliche aufbringbare Kraft am oberen Rand) mit nur 2 Moden rich-

tig dargestellt werden kann. Im Rahmen der klassischen POD werden 6 Moden benötigt. Dieser Unterschied mag als nicht gravierend erscheinen, da es sich um sehr kleine Gleichungssysteme handelt. Voruntersuchungen haben jedoch gezeigt, dass sich die Tendenz auch bei komplexeren Systemen bestätigt und die APOD damit zu einer signifikanten Reduktion der Rechenzeit beiträgt.

**Reduktion der Auswertepunkte.** Da sich bei einer nicht-linearen Berechnung das zu lösende Gleichungssystem basierend auf der tangentialen Steifigkeitsmatrix ständig ändert, muss die Projektion auf das reduzierte Gleichungssystem in jedem Iterationsschritt neu ausgeführt werden. Die durchaus drastische Reduktion der Freiheitsgrade, wie sie mit der POD möglich ist, hat also keinen Einfluss auf die numerisch aufwändige Auswertung der Konstitutivgleichungen in jedem Auswertepunkt (Gaußpunkt) der zugrundeliegenden räumlichen Diskretisierungsmethode.

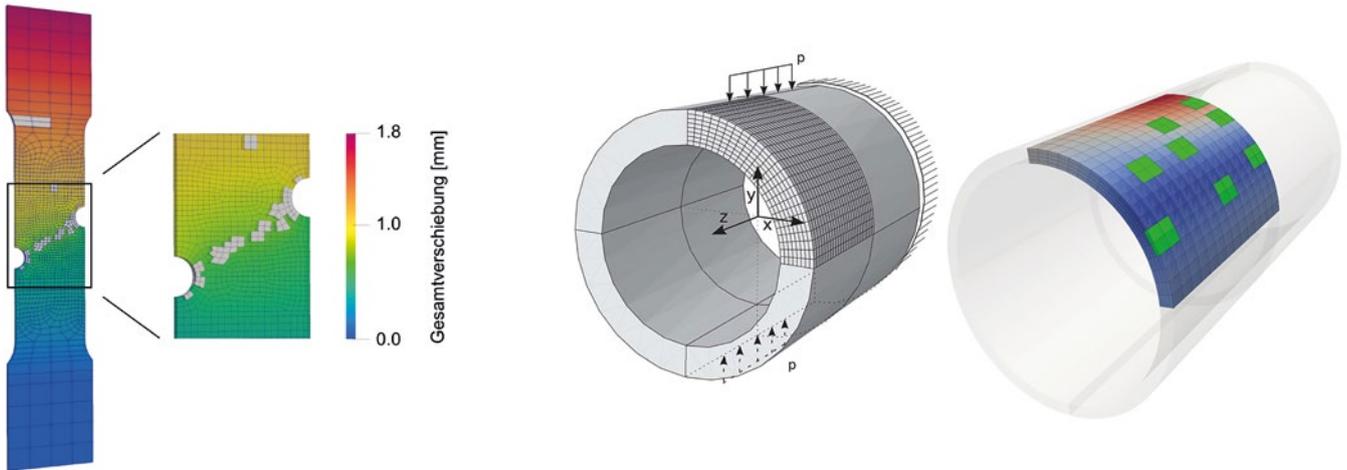


Abb. 4: Links: Mit DEIM ausgewählte Elemente (weiße Bereiche) in geschädigter gekerbter Scheibe. Rechts: Geometrie, Randbedingungen und Finite-Elemente-Netz für linear-elastischen Zylinder, grüne Bereiche: mit DEIM ausgewählte Elemente.

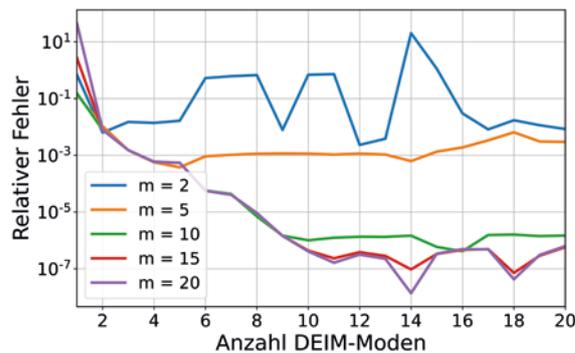


Abb. 5: Genauigkeit der DEIM in Kombination mit  $m$  POD-Moden für eine unterschiedliche Anzahl an DEIM-Moden.

Leider bedeutet dieser Umstand, dass die Reduktion der Rechenzeit bei einem nichtlinearen Problem eher enttäuschend ausfällt.

Um die „kostspielige“ Rückkopplung mit dem ursprünglichen (nicht reduzierten) System in jedem Auswertepunkt der Struktur zu umgehen, bieten sich zwei wesentliche Strategien an. Bei den Methoden Discrete Empirical Interpolation (DEIM, [21]), Gappy POD [27] und Gauss-Newton Approximated Tensors (GNAT) wird der Vektor, der die zu lösenden nichtlinearen Gleichungen enthält, durch Funktionen einer kollateralen Basis approximiert (Collateral Basis Methods), wodurch sich die Zahl der Auswertepunkte stark reduzieren lässt (siehe weiße bzw. grüne Bereiche in Bild 4 zur beispielhaften Illustration). Methoden wie Empirical Cubature (EC), Hyper-Reduction [22] und Reduced Integration Domain führen auf unterschiedlichen Wegen zu einer intelligent gewählten kleinen Menge von Auswertepunkten.

Bei der DEIM wird das zu lösende Gleichungssystem zunächst in einen linearen und einen nichtlinearen Anteil aufgeteilt. Von dem nichtlinearen Anteil werden zusätzliche Snapshots eingesammelt. Mittels einer weiteren Singulärwertzerlegung können aus diesen nichtlinearen

Snapshots wiederum Moden bestimmt werden. Ein Greedy Algorithmus ermittelt die mit ihnen korrelierten Freiheitsgrade. Nun müssen nur noch die Elemente gefunden werden, welche zu den so ausgewählten Freiheitsgraden gehören. In Bild 4 ist die durch die DEIM-Methode getroffene Auswahl für zwei Beispiele visualisiert. Die Genauigkeit der Methode ist in Bild 5 in Abhängigkeit von der Anzahl der POD- und DEIM-Moden dargestellt. Es ist der relative Fehler  $|(u_{\max, \text{unred}} - u_{\max, \text{red}}) / u_{\max, \text{unred}}|$  zwischen der unreduzierten  $u_{\max, \text{unred}}$  und der reduzierten Lösung  $u_{\max, \text{red}}$  der jeweils maximalen Verschiebungen dargestellt.

Durch die geringe Anzahl an zu evaluierenden Elementen ist die Rechenzeit erheblich zu reduzieren. Frühere eigene Untersuchungen [21] zeigen, dass ein Reduktionsfaktor von über 1000 sehr leicht zu erreichen ist.

### Modellreduktion im Rahmen zweiskaliger Simulationen

In der Werkstoffmechanik ist in vielen Fällen das Verhalten der Mikrostruktur von großem Interesse. Aus diesem Grund haben sich schon vor vielen Jahren zweiskalige Simulationsmethoden, z. B. die FE<sup>2</sup>-Methode, etabliert, mit

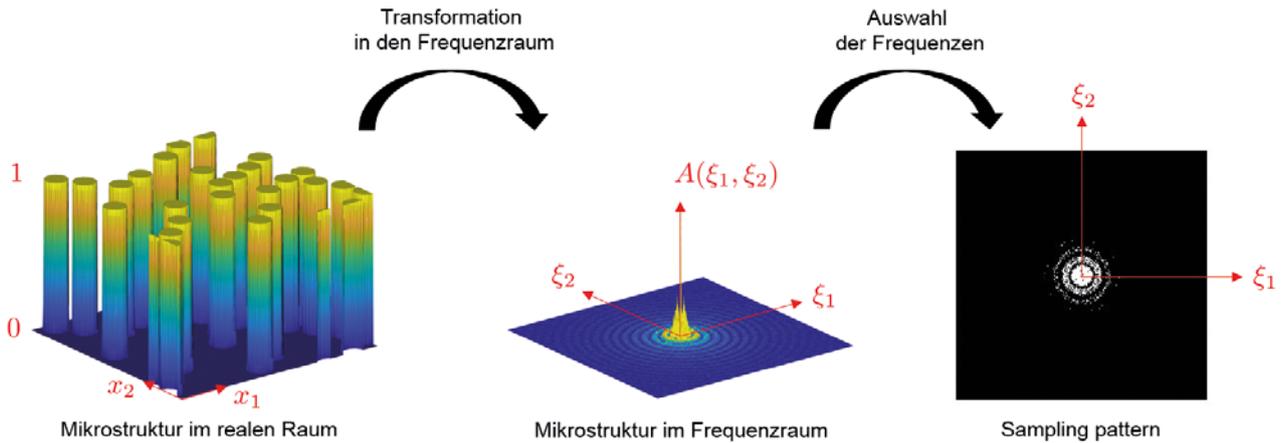


Abb. 6: Vorgehen bei der Erstellung des geometrisch angepassten Sampling Patterns. Links: Mikrostruktur im realen Raum mit den Koordinaten  $x_1$  und  $x_2$ , mittig: Benötigte Frequenzen  $\xi_1$  und  $\xi_2$  mit zugehöriger Amplitude  $A(\xi_1, \xi_2)$  für die Abbildung der Mikrostruktur im Frequenzraum und rechts: resultierendes geometrisch angepasstes Sampling Pattern.

Hilfe derer im Gaußpunkt der makroskopischen Struktur ein zusätzliches Randwertproblem für die Analyse der Mikrostruktur gelöst wird. Ein großer Nachteil solcher zweiskaligen Simulationen ist der extrem große Rechenaufwand. Um diesen zu reduzieren, können die oben beschriebenen Techniken zur Modellreduktion, wie zum Beispiel die POD, auch auf der Mikroebene angewendet werden.

Ein zur FE<sup>2</sup>-Methode alternativer und ebenfalls weit verbreiteter zweiskaliger Simulationsansatz ist die FE-FFT-Methode [13, 24]. Anstelle das Randwertproblem auf der Mikroebene mit der Finite-Elemente-Methode zu behandeln, werden dafür Fast Fourier Transforms [18, 19] verwendet. Insbesondere bei periodischen Mikrostrukturen zeichnet sich diese Methode durch hohe Effizienz aus. Nichtsdestotrotz ist für die zweiskalige Simulation technisch relevanter Strukturen in angemessenen Rechenzeiten auch für die FFT-basierte Simulationstechnik die Entwicklung von Modellreduktionstechniken zu empfehlen. Hierfür kann, ebenso wie bei der FEM, z. B. die Canonical Polyadic Decomposition (CDP) [26] oder die POD [5] verwendet werden.

Eine Modellreduktionstechnik, die explizit an den Charakter der FFT-basierten Lösung angepasst ist, basiert auf der Lösung der Lippmann-Schwinger-Gleichung im Frequenzraum mit Hilfe eines reduzierten Sets an Frequenzen [12]. Die Genauigkeit der Lösung hängt hierbei einerseits von der Anzahl der verwendeten Frequenzen und andererseits von der Auswahl der Frequenzen ab. Während die Anzahl der verwendeten Frequenzen auch die Rechenzeit beeinflusst, ist dies bei der Auswahl der Frequenzen nicht der Fall. Daher ist es für die Simulation entscheidend, die „richtigen“ Frequenzen auszuwählen. Um keine zusätzlichen Berechnungen zu benötigen, wurde in einer früheren Arbeit die Auswahl der Frequenzen zunächst durch ein fixes, sternförmiges Sampling Pattern vorgegeben. Eine Verbesserung der Lösung kann durch die Einführung eines geometrisch angepassten Sampling Patterns erreicht werden [6]. Hier wird, wie in Bild 6 links dargestellt, zunächst die Geometrie bzw. die Phasenverteilung einer zweiphasigen Mikrostruktur mit Hilfe einer charakteristischen Funktion abgebildet, indem jedem Punkt, der zu einem Einschluss gehört, der Wert 1 und dem Matrixmaterial der Wert 0 zugeordnet wird. Diese Funktion wird in den Frequenzraum

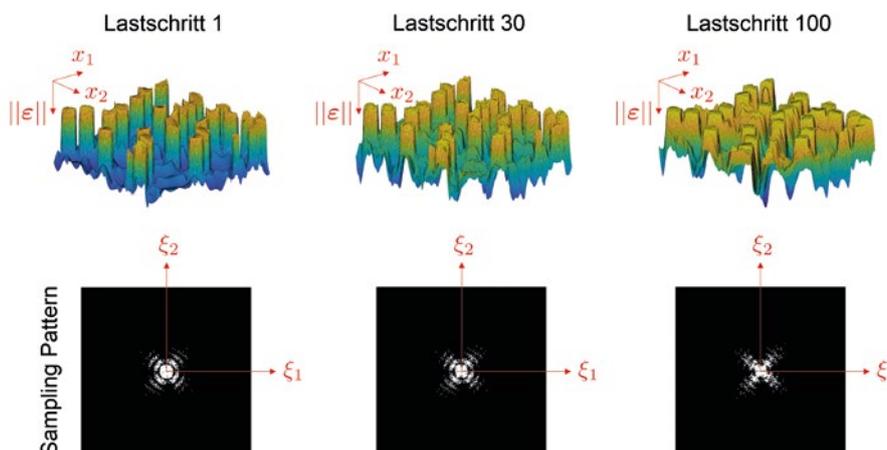


Abb. 7: Norm des Verzerrungstensors im realen Raum und resultierendes verzerrungsbasiertes Sampling Pattern für drei exemplarische Lastschritte.

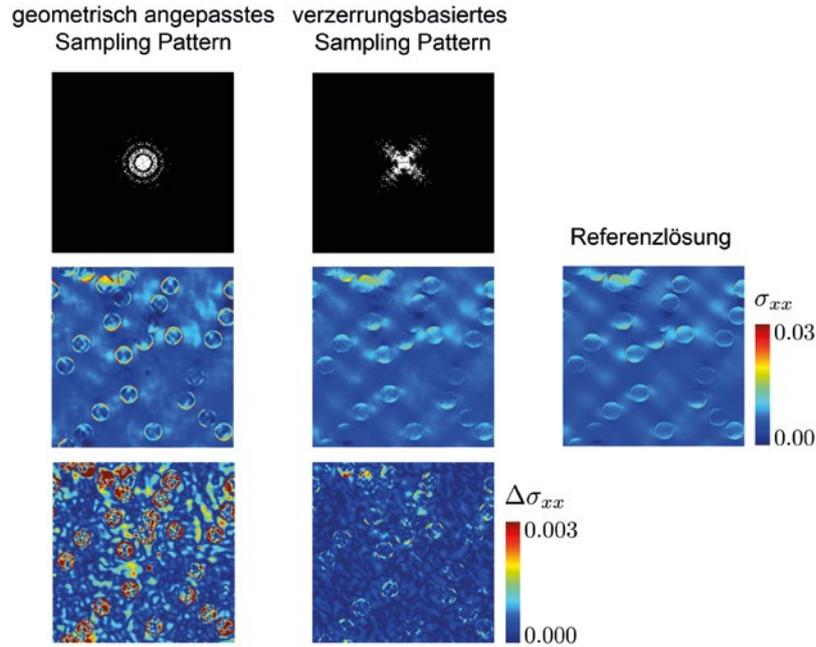


Abb. 8: Vergleich der berechneten Spannung in  $x$ -Richtung basierend auf dem geometrisch angepassten und dem verzerrungsbasierten Sampling Pattern. Oben: Sampling Patterns, mittig: Ergebnisse aus den reduzierten Berechnungen und Referenzlösung (Berechnung mit dem vollen Frequenzset) und unten: Fehler in den reduzierten Simulationen.

transformiert. Für die Simulation werden anschließend die Frequenzen  $(\xi_1, \xi_2)$  verwendet, die hierbei die höchste Amplitude  $A(\xi_1, \xi_2)$  aufweisen. Diese Vorgehensweise führt vor allem bei linearem Materialverhalten zu sehr guten Ergebnissen.

Um die Ergebnisse bei nichtlinearem Materialverhalten zu verbessern, wurde ein verzerrungsbasiertes, d. h. adaptives Sampling Pattern entwickelt [7]. Hierbei wird das Sampling Pattern nach jedem Lastschritt, wie in Bild 7 für eine elasto-plastische zweiphasige Mikrostruktur dargestellt, an die aktuelle Norm des Verzerrungstensors angepasst. Während das so erzeugte Sampling Pattern für kleine Verzerrungen im elastischen Bereich dem geometrisch basierten noch sehr ähnlich sieht, entwickelt sich mit zunehmender Plastifizierung der Struktur ein davon deutlich abweichendes Muster.

Ein Vergleich der Ergebnisse aus Simulationen mit dem geometrisch angepassten und dem verzerrungsbasierten Sampling Pattern ist in Bild 8 gegeben. In der mittleren Zeile ist die Spannung in  $x$ -Richtung für die Simulation mit dem geometrisch angepassten Sampling Pattern (links), mit dem verzerrungsbasierten Sampling Pattern (mittig) und die Referenzlösung (rechts), die mit dem vollen Frequenzset berechnet wurde, dargestellt. Um die Unterschiede in diesen Lösungen besser zu erkennen, ist in der unteren Zeile die Differenz der jeweiligen reduzierten Lösung zur Referenzlösung dargestellt. Hierbei ist zu erkennen, dass vor allem im Bereich der Einschlüsse der Fehler aus der Berechnung mit dem geometrisch angepassten Sampling Pattern größer als 10% ist, während so große Fehler für das verzerrungsbasierte Sampling Pattern nur vereinzelt auftreten.

Bild 9 zeigt den relativen makroskopischen  $\bar{E}$  und mikroskopischen ( $E$ ) Fehler für das fixe, das geometrisch angepasste und das verzerrungsbasierte Sampling Pattern in Abhängigkeit von dem prozentualen Anteil  $R$  [%] der verwendeten Frequenzen. Der Index  $ref$  steht hierbei für die Referenzlösung,  $n_e$  ist die Anzahl der Gitterpunkte und  $\bar{\sigma}$  ist die gemittelte Spannung. Es ist zu erkennen, dass diese Fehler für ein stark reduziertes Frequenzset vor allem für das fixe Sampling Pattern sehr groß sind, während sie durch die verbesserten Methoden deutlich reduziert werden können.

Mit Hilfe der beschriebenen Modellreduktionstechnik kann die Rechenzeit im Vergleich zur Berechnung mit dem vollen Frequenzset um bis zu 80% reduziert werden. Um die Simulationen weiter zu beschleunigen, muss die Auswertung des Materialverhaltens beschleunigt werden. Siehe dazu die obige Diskussion über die Reduktion der Auswertepunkte. Die Berechnung des Materialverhaltens findet im realen Raum statt und wird daher durch die Verwendung eines reduzierten Frequenzsets nicht reduziert. Eine Möglichkeit, dies zu erreichen, wäre zum Beispiel – zusätzlich zu den bereits genannten Methoden – die Kombination der beschriebenen Methode mit einer geclusterten Mikrostruktur [15, 28].

## Schlussbemerkungen

Obwohl viele Methoden der Modellreduktion schon seit längerer Zeit existieren, steckt die Anwendung auf nicht-lineare Problemstellungen in den Kinderschuhen. Die Genauigkeit verschiedener Methoden, wie zum Beispiel auch der POD, ist im nichtlinearen Bereich hervorragend.

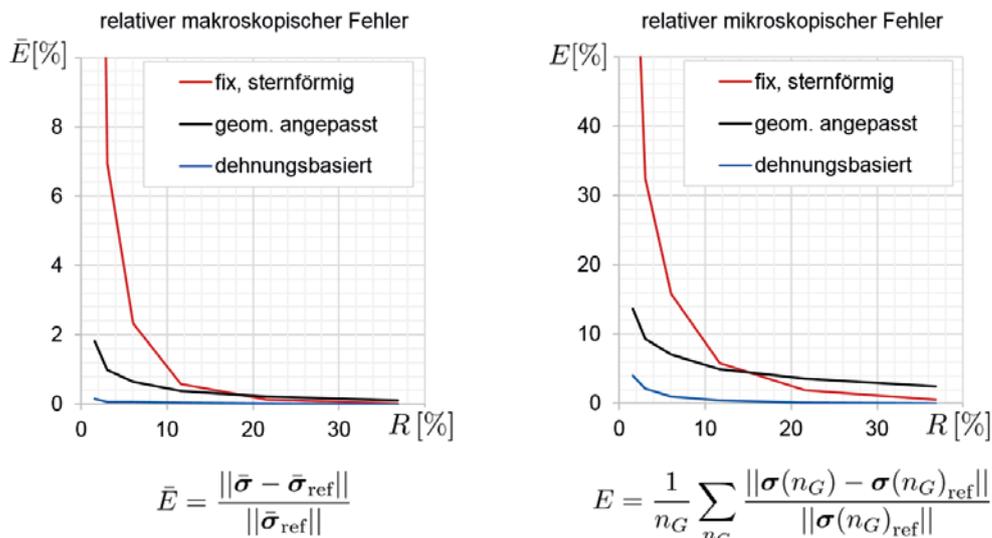


Abb. 9: Relativer makroskopischer und mikroskopischer Fehler für die Simulationen mit dem fixen (sternförmigen), dem geometrisch angepassten und dem verzerrungsbasierten Sampling Pattern abhängig vom prozentualen Anteil der verwendeten Frequenzen.

Eine extreme Rechenzeiterparnis um mehrere Größenordnungen kann jedoch nur erzielt werden, wenn entweder die Zahl der Auswertepunkte für den Aufbau der Konstitutivgleichungen oder die nichtintrusive Modellreduktion so ausgebaut werden, dass die Methoden auch für technisch relevantes Materialverhalten wie Plastizität und Schädigung robust laufen. Des Weiteren treten mehrskalige und multiphysikalische Berechnungen immer mehr in den Vordergrund. Mittels der Modellreduktion lassen sich diese Simulationen erheblich beschleunigen, wenn die dafür geeigneten Modellreduktions-Methoden gut beherrscht werden. An diesen Stellen besteht großer Forschungsbedarf.

## Literatur

- [1] Amsallem, D., Zahr, M. J., Farhat, C. (2012). Nonlinear model order reduction based on local reduced order bases. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 92(10), 891-916. <https://doi.org/10.1002/nme.4371>
- [2] Antoulas, A. C. (2005). *Approximation of large-scale dynamical systems*. Society for Industrial and Applied Mathematics.
- [3] Benner, P., Mehrmann, V., Sorensen, D. C. (2005). *Dimension reduction of large-scale systems* (Vol. 45). Berlin: Springer.
- [4] Brepols, T., Wulfinghoff, S., Reese, S. (2020). A gradient-extended two-surface damage-plasticity model for large deformations. *International Journal of Plasticity*, 129, 102635. <https://doi.org/10.1016/j.ijplas.2019.11.014>
- [5] Garcia-Cardona, C., Lebensohn, R., Anghel, M. (2017). Parameter estimation in a thermoelastic composite problem via adjoint formulation and model reduction. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 112(6), 578-600. <https://doi.org/10.1002/nme.5530>
- [6] Gierden, C., Waimann, J., Svendsen, B., Reese, S. (2021). A geometrically adapted reduced set of frequencies for a FFT-based microstructure simulation. arXiv:2103.10203
- [7] Gierden, C., Waimann, J., Svendsen, B., Reese, S. (2021). FFT-Based simulation using a reduced set of frequencies adapted to the underlying microstructure. *Computer Methods in Materials Science*, accepted.
- [8] Haasdonk, B., Ohlberger, M. (2008). Reduced basis method for finite volume approximations of parametrized linear evolution equations. *ESAIM: Mathematical Modelling and Numerical Analysis-Modélisation Mathématique et Analyse Numérique*, 42(2), 277-302. <https://doi.org/10.1051/m2an:2008001>
- [9] Hinze, M., Volkwein, S. (2005). Proper orthogonal decomposition surrogate models for nonlinear dynamical systems: Error estimates and suboptimal control. In *Dimension reduction of large-scale systems* (pp. 261-306). Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/3-540-27909-1\\_10](https://doi.org/10.1007/3-540-27909-1_10)
- [10] Kastian, S., Moser, D., Grasedyck, L., Reese, S. (2020). A two-stage surrogate model for Neo-Hookean problems based on adaptive proper orthogonal decomposition and hierarchical tensor approximation. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 372, 113368. <https://doi.org/10.1016/j.cma.2020.113368>
- [11] Kastian, S., Reese, S. (2020). An Adaptive Way of Choosing Significant Snapshots for Proper Orthogonal Decomposition. In *IUTAM Symposium on Model Order Reduction of Coupled Systems*, Stuttgart, Germany, May 22-25, 2018 (pp. 67-79). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-21013-7\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-21013-7_5)
- [12] Kochmann, J., Manjunatha, K., Gierden, C., Wulfinghoff, S., Svendsen, B., Reese, S. (2019). A simple and flexible model order reduction method for FFT-based homogenization problems using a sparse sampling technique. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 347, 622-638. <https://doi.org/10.1016/j.cma.2018.11.032>
- [13] Kochmann, J., Wulfinghoff, S., Reese, S., Mianroodi, J. R., Svendsen, B. (2016). Two-scale FE-FFT- and phase-field-based computational modeling of bulk microstructural evolution and macroscopic material behavior. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 305, 89-110. <https://doi.org/10.1016/j.cma.2016.03.001>

- [14] Lehner, M., Eberhard, P. (2007). A two-step approach for model reduction in flexible multibody dynamics. *Multibody System Dynamics*, 17(2), 157-176. <https://doi.org/10.1007/s11044-007-9039-5>
- [15] Liu, Z., Bessa, M. A., Liu, W. K. (2016). Self-consistent clustering analysis: an efficient multi-scale scheme for inelastic heterogeneous materials. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 306, 319-341. <https://doi.org/10.1016/j.cma.2016.04.004>
- [16] Meister, A. (2011). *Numerik linearer Gleichungssysteme (Vol. 4)*. Wiesbaden: Vieweg+ Teubner.
- [17] Meyer, M., Matthies, H. G. (2003). Efficient model reduction in non-linear dynamics using the Karhunen-Loeve expansion and dual-weighted-residual methods. *Computational Mechanics*, 31(1), 179-191. <https://doi.org/10.1007/s00466-002-0404-1>
- [18] Moulinec, H., Suquet, P. (1994). A fast numerical method for computing the linear and nonlinear mechanical properties of composites. *Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série II. Mécanique, physique, chimie, astronomie*.
- [19] Moulinec, H., Suquet, P. (1998): A numerical method for computing the overall response of nonlinear composites with complex microstructure. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 157, 69-94. [https://doi.org/10.1016/S0045-7825\(97\)00218-1](https://doi.org/10.1016/S0045-7825(97)00218-1)
- [20] Radermacher, A., Reese, S. (2014). Model reduction in elastoplasticity: proper orthogonal decomposition combined with adaptive sub-structuring. *Computational Mechanics* 54(3), 677-687. <https://doi.org/10.1007/s00466-014-1020-6>
- [21] Radermacher, A., Reese, S. (2016). POD based model reduction with empirical interpolation applied to nonlinear elasticity. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 107(6), 477-495. <https://doi.org/10.1002/nme.5177>
- [22] Ryckelynck, D. (2005). A priori hyperreduction method: an adaptive approach. *Journal of computational physics*, 202(1), 346-366. <https://doi.org/10.1016/j.jcp.2004.07.015>
- [23] Sirovich, L. (1987). Turbulence and the dynamics of coherent structures. I. Coherent structures. *Quarterly of applied mathematics*, 45(3), 561-571.
- [24] Spahn, J., Andrä, H., Kabel, M., Müller R. (2014). A multiscale approach for modeling progressive damage of composite materials using fast Fourier transforms. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 268, 871-883. <https://doi.org/10.1016/j.cma.2013.10.017>
- [25] Stykel, T. (2004). Gramian-based model reduction for descriptor systems. *Mathematics of Control, Signals and Systems*, 16(4), 297-319. <https://doi.org/10.1007/s00498-004-0141-4>
- [26] Vond ejc, J., Liu, D., Ladecký, M., Matthies, H. G. (2020). FFT-based homogenization accelerated by low-rank tensor approximations. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 364, 112890. <https://doi.org/10.1016/j.cma.2020.112890>
- [27] Willcox, K. (2006). Unsteady flow sensing and estimation via the gappy proper orthogonal decomposition. *Computers & fluids*, 35(2), 208-226. <https://doi.org/10.1016/j.compfluid.2004.11.006>
- [28] Wulfinghoff, S., Cavaliere, F., Reese, S. (2018). Model order reduction of nonlinear homogenization problems using a Hashin-Shtrikman type finite element method. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 330, 149-179. <https://doi.org/10.1016/j.cma.2017.10.019>

#### Danksagung

Wesentliche Teile der beschriebenen Arbeiten sind im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms SPP 1886 „Polymorphe Unschärfemodellierungen für den numerischen Entwurf von Strukturen“ (Sprecher Michael Kaliske) und des DFG geförderten SFB/TRR 136 „Prozesssignaturen“ entstanden, in dem Stefanie Reese als stellvertretende Sprecherin fungiert. Die Autoren möchten sich für die finanzielle Unterstützung durch die DFG herzlich bedanken.



**Prof. Dr.-Ing. habil. Stefanie Reese** leitet seit 2010 das von ihr gegründete Institut für Angewandte Mechanik an der RWTH Aachen. Von 2005 bis 2009 war sie Professorin und Leiterin des Institutes für Festkörpermechanik an der TU Braunschweig. Ihre erste Professur (2000-2005) hatte sie an der Ruhr-Universität Bochum inne. Zwei weitere Rufe ins Ausland (ETH Zürich 2009 und University of Birmingham 2015) wurden nicht angenommen. Stefanie Reese studierte von 1984-1990 Bauingenieurwesen an der Leibniz Universität Hannover, wo sie sich im Jahre 2000 auch habilitierte. Sie wurde an der TU Darmstadt promoviert. Darauf folgten ein einjähriger Forschungsaufenthalt in Berkeley und ein kürzerer Aufenthalt in Kaptstadt. Ihre Forschung widmet sich der Entwicklung neuartiger kontinuumsmechanischer, auch mehrskaliger und multiphysikalischer, Modelle sowie der Aufstellung moderner numerischer Methoden. Darunter sind stabile Finite-Elemente-Technologien für hochgradig nichtlineare Problemstellungen, die hier diskutierten Modellreduktionstechniken sowie neue datengetriebene Methoden hervorzuheben.



**Steffen Kastian, M. Sc.**, absolvierte von 2010 bis 2014 sein Bachelor- und von 2014 bis 2017 sein Masterstudium des Bauingenieurwesens mit der Vertiefung des konstruktiven Ingenieurbaus an der RWTH Aachen. Seitdem ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Angewandte Mechanik der RWTH Aachen tätig. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der Reduktion von Finite Elemente Modellen unter Berücksichtigung von Schädigung und Plastizität sowie der polymorphen Unsicherheitsquantifizierung.



**Christian Gierden, M. Sc.**, absolvierte von 2011 bis 2014 sein Bachelorstudium des Bauingenieurwesens und anschließend von 2014 bis 2017 sein Masterstudium des Funktionalen und Konstruktiven Ingenieurbaus am Karlsruher Institut für Technologie. Seit 2018 ist er am Institut für Angewandte Mechanik an der RWTH Aachen als wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig. Sein Forschungsinteresse gilt der zweiskaligen FE-FFT-basierten Methode und den damit einhergehenden Modellreduktionstechniken für die FFT-basierte Mikrostruktursimulation.



siam®  
2022

# Upcoming Conferences from Society for Industrial and Applied Mathematics

SIAM will be hosting two conferences in Berlin, Germany in March!

January 9–12, 2022

SIAM Symposium on  
**Discrete Algorithms**

(January 9–12, 2022)

SIAM Symposium on  
**Algorithm Engineering and Experiments**

(January 9–10, 2022)

SIAM Symposium on  
**Simplicity in Algorithms**

(January 10–11, 2022)

SIAM Symposium on  
**Algorithmic Principles of Computer Systems**

(January 12, 2022)

*Alexandria, Virginia, U.S.*

March 14–18, 2022

SIAM Conference on  
**Parallel Processing for Scientific Computing**

*Seattle, Washington, U.S.*

March 14–18, 2022

SIAM Conference on  
**Analysis of Partial Differential Equations**

*Berlin, Germany*

March 22–25, 2022

SIAM Conference on  
**Imaging Science**

*Berlin, Germany*

April 12–15, 2022

SIAM Conference on  
**Uncertainty Quantification**

*Atlanta, Georgia, U.S.*

April 28–30, 2022

SIAM International Conference on  
**Data Mining**

*Alexandria, Virginia, U.S.*

July 11–15, 2022

**SIAM Annual Meeting**

SIAM Conference on the  
**Life Sciences**

SIAM Conference on  
**Mathematics of Planet Earth**

SIAM Conference on  
**Applied Mathematics Education**

*Pittsburgh, Pennsylvania, U.S.*

August 22–25, 2022

SIAM Conference on  
**Nonlinear Waves and Coherent Structures**

*Bremen, Germany*

September 26–30, 2022

SIAM Conference on  
**Mathematics of Data Science**

*San Diego, California, U.S.*

For more information visit  
[siam.org/conferences](https://siam.org/conferences)

[siam.org/conferences/calendar](https://siam.org/conferences/calendar) • [siam.org](https://siam.org)



# Featured Lectures & Videos from SIAM Conferences

**An audio-visual archive comprised of thousands of searchable presentations organized into functional categories, including:**

- **computational science**
- **dynamical systems**
- **economics and finance**
- **geophysical science**
- **imaging science**
- **life sciences**
- **materials science**
- **uncertainty quantification and more...**

The collection, *Featured Lectures from our Archives*, includes video and slides with audio overlay from 45+ conferences, including talks by invited and prize speakers, select minisymposia, and minitutorials. Presentations from SIAM conferences are being added throughout the year.

You can also view short video clips of speaker interviews from sessions at Annual Meetings starting in 2010.

The audio, slide, and video presentations are part of SIAM's outreach activities to increase the public's awareness of mathematics and computational science in the real world, and to bring attention to exciting and valuable work being done in the field. Funding from SIAM, the National Science Foundation, and the Department of Energy has been used to support this project.

**[siam.org/featured-lectures-videos](http://siam.org/featured-lectures-videos)**



**siam**

**Society for Industrial and Applied Mathematics**

3600 Market Street, 6th Floor, Philadelphia, PA 19104-2688 USA  
Phone: +1-215-382-9800 · [membership@siam.org](mailto:membership@siam.org) · [www.siam.org](http://www.siam.org)

New presentations are posted every few months as the program expands with sessions from additional SIAM conferences.

**Dr. Carmen Gräble** studierte Mathematik (Diplom) mit Nebenfach Chemie an der Universität Konstanz. Nach ihrem Abschluss arbeitete sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität Hamburg, wo sie ihre Dissertation zu **Adaptivität in der Modellreduktion mit POD** anfertigte. Seit Juli 2019 ist sie Post-Doktorandin am **Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme in Magdeburg** und forscht an **Methoden der Modellreduktion sowie deren Verknüpfung mit adaptiven und daten-informierten Verfahren für Simulation und Kontrolle zeitabhängiger Systeme**. Seit 2019 ist sie **GAMM Junior** und aktuell **Sprecherin der GAMM Junioren**.

Die numerische Lösung partieller Differentialgleichungen führt in der Praxis oft zu der Herausforderung, die Systeme in einem angemessenen Zeitrahmen zu lösen. Dies ist insbesondere der Fall in Szenarien, in denen Mehrfachauswertungen erforderlich sind, wie beispielsweise in der Optimalsteuerung und bei Parameterstudien, oder in Situationen, in denen man die Lösung in (nahezu) Echtzeit benötigt. Die Anwendung von Modellreduktionsverfahren bietet eine Möglichkeit, die Prozesse schneller und mit geringerer Speicheranforderung zu lösen. Dabei werden die zugrundeliegenden dynamischen Systeme durch reduzierte Modelle ersetzt, was zu einer erheblichen Laufzeitbeschleunigung führen kann. Gleichzeitig sollten die reduzierten Lösungen eine möglichst gute Annäherung an das ursprüngliche System geben.

Das Interesse an der Modellordnungsreduktion mit Proper Orthogonal Decomposition (POD) und deren Anwendung in der Optimalsteuerung partieller Differentialgleichungen wurde bei Carmen Gräble während des Studiums der Mathematik an der Universität Konstanz geweckt. So befasste sie sich in ihrer Diplomarbeit [1], betreut von Prof. Stefan Volkwein, mit einem POD basierten, inexakten SQP Verfahren für die Optimalsteuerung einer semilinearen Wärmeleitungsgleichung. Die Konstruktion der POD Surrogatmodelle basiert auf einem Galerkin Verfahren, bei dem die Basisfunktionen beispielsweise über eine Singulärwertzerlegung der Snapshotmatrix berechnet werden (Abb. 1), welche man in einer offline Phase generieren kann, etwa durch hochdimensionale Simulationen zu gewählten Eingangsdaten. Im Zusammenhang der Optimalsteuerung ergibt sich hierbei die Herausforderung, dass die Dynamik einer optimalen Lösung Eigenschaften aufweisen kann, die in den Snapshots zu einer Referenzsteuerung nicht erfasst wurden. Um die Approximationsqualität der reduzierten Modelle zu verbessern, können POD Basis Update Strategien angewendet werden, welche in [2] verglichen werden.

Nach dem Studium im Süden Deutschlands wechselte Carmen Gräble in den Norden an die Universität Hamburg. Unter der Betreuung von Prof. Michael Hinze forschte sie im Rahmen ihrer Promotion an der Verbindung von POD

Modellordnungsreduktion mit orts- und zeitadaptiven Verfahren. Damit die reduzierten Modelle eine gute Approximation an die ursprünglichen Systeme erlauben, muss vorausgesetzt werden, dass die Snapshots alle wesentlichen Strukturen der zugrundeliegenden Dynamik kennen. Um (zu) feine Auflösungen in Ort und Zeit bei der Snapshotgenerierung in der offline Phase zu vermeiden, können adaptive Diskretisierungsmethoden angewendet werden.

Ortsadaptive Simulationen zur Snapshotzeugung führen zu der Herausforderung, dass in der diskreten Formulierung die Snapshotvektoren unterschiedliche Längen besitzen aufgrund der unterschiedlichen Auflösungen zu jedem Zeitpunkt (vgl. Abb. 2). Die Konstruktion eines reduzierten Modells kann man aus der Perspektive in Funktionenräumen betrachten [3]. Im Bereich der inkompressiblen Strömungen führt die Verwendung von ortsadaptiven Snapshots zu der zusätzlichen Herausforderung, die Stabilität der reduzierten Modelle zu garantieren. Mittels einer speziellen Projektion bzw. Stabilisierung können stabile reduzierte Geschwindigkeits- bzw. Geschwindigkeits-Druck-Modelle konstruiert werden [4].

Zeitadaptive Strategien spielen eine wesentliche Rolle bei der Fragestellung, an welchen Zeitpunkten die Snapshots gewählt werden sollen, damit die zugrundeliegende Dynamik richtig erkannt wird. Für ein Optimalsteuerungsproblem einer linearen parabolischen Differentialgleichung wird in [5,6] eine Snapshot Platzierungsstrategie vorgeschlagen, welche auf einer Umformulierung des Optimalitätssystems als elliptisches System in Raum-Zeit basiert. Für dieses System können a-posteriori Fehlerschätzer bzgl. der Zeit verwendet werden um geeignete Zeitpunkte für die Snapshots zu wählen.

Im Rahmen des SPP 1962 "Non-smooth and Complementarity-based Distributed Parameter Systems: Simulation and Hierarchical Optimization" wirkte Carmen Gräble im Projekt "Simulation and Control of a Nonsmooth Cahn-Hilliard Navier-Stokes System with Variable Fluid Densities" mit [7] und beschäftigte sich mit der Modellreduktion von Phasenfeldmodellen und Strömungen.

## STECKBRIEF



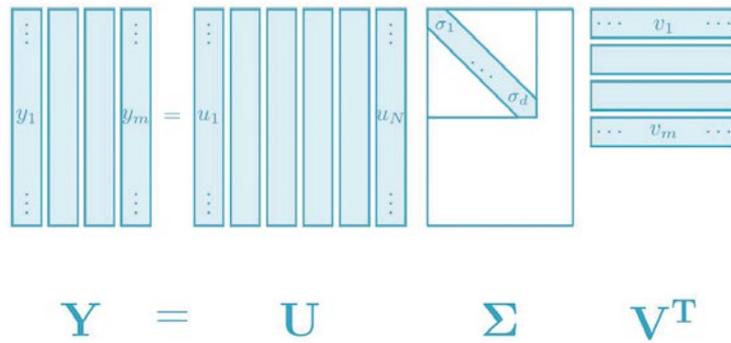


Abb. 1: Singulärwertzerlegung der Snapshotmatrix  $Y$ . Die ersten  $r$  Spalten der Matrix  $U$  korrespondierend zu den  $r$  größten Singulärwerten in  $\Sigma$  bilden eine POD Basis der Länge  $r$ .

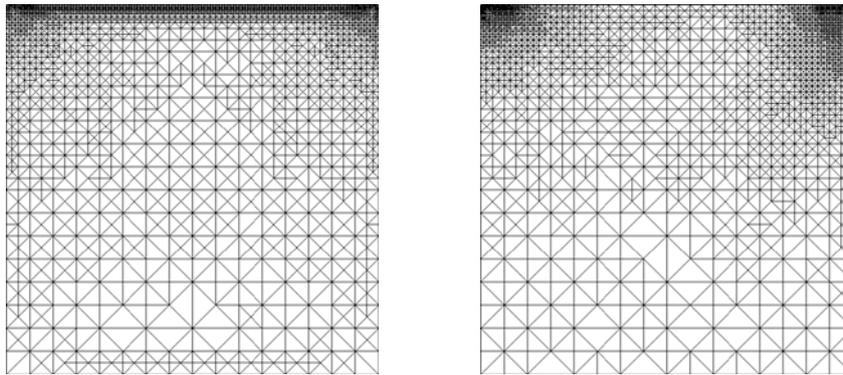


Abb. 2: Beispiele von adaptiven Finite Elemente Gittern zu unterschiedlichen Zeitpunkten für das "Lid-Driven Cavity" Benchmarkproblem.

Nach ihrer Promotion wechselte Carmen Gräßle an das Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme in Magdeburg, wo sie sich unter der Betreuung von Prof. Peter Benner im Themenfeld Modellreduktion, Adaptivität und daten-informierte Verfahren für zeitabhängige Systeme und Strömungen vertieft. Im Zusammenhang der modellprädiktiven Regelung wird in [8] eine adaptive Zeitdiskretisierung des Prädiktionshorizonts sowie eine adaptive Wahl des Anwendungshorizonts vorgeschlagen. Weiterhin forscht Carmen Gräßle an Methoden zur Einbindung von Messdaten in reduzierte Modelle um möglichst realitätsnahe Simulationsergebnisse zu produzieren. Dies ist in beispielsweise ingenieurwissenschaftlichen Anwendungen von hoher Relevanz um die Verlässlichkeit von Systemen zu garantieren oder Vorhersagen zu treffen. Für die Verbindung von physikalischen Modellen und Messdaten können Methoden der Datenassimilation herangezogen werden, wobei auch hier oft sehr komplexe Probleme gelöst werden müssen, so dass die Einbindung von reduzierten Verfahren ein spannendes Forschungsfeld beschreibt.

#### Literatur

- [1] [1] C. Gräßle, POD based inexact SQP methods for optimal control problems governed by a semilinear heat equation, Diploma thesis, Universität Konstanz (2014)
- [2] C. Gräßle, M. Gubisch, S. Metzendorf, S. Rogg, S. Volkwein, POD basis updates for nonlinear PDE control, *at-Automatisierungstechnik*, 65(5):298-307 (2017)
- [3] C. Gräßle, M. Hinze, POD reduced-order modeling for evolution equations utilizing arbitrary finite element discretizations, *Adv. Comput. Math.*, 44(6):1941-1978 (2018)
- [4] C. Gräßle, M. Hinze, J. Lang, S. Ullmann, POD model order reduction with space-adapted snapshots for incompressible flows, *Adv. Comput. Math.*, 45:2401-2428 (2019)
- [5] A. Alla, C. Gräßle, M. Hinze, A residual based snapshot location strategy for POD in distributed optimal control of linear parabolic equations, *IFAC-PapersOnLine*, 49(8):13-18 (2016)
- [6] A. Alla, C. Gräßle, M. Hinze, A posteriori snapshot location for POD in optimal control of linear parabolic equations, *ESAIM:M2AN* 52(5):1847-1873 (2018)
- [7] C. Gräßle, M. Hintermüller, M. Hinze, T. Keil, Simulation and Control of a Nonsmooth Cahn-Hilliard Navier-Stokes System with Variable Fluid Densities, *ArXiv:1907.04285* (2019)
- [8] A. Alla, C. Gräßle, M. Hinze, Time adaptivity in model predictive control, *ArXiv:2009.01332* (2020)

#### Kontakt:

Dr. Carmen Gräßle  
 Computational Methods in Systems and Control Theory (CSC)  
 Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme  
 Sandtorstr. 1, 39106 Magdeburg  
 Tel.: +49 (0)391 6110 395  
 graessle@mpi-magdeburg.mpg.de  
<https://www.mpi-magdeburg.mpg.de/person/100658/3810893>

**PD Dr. Geralf Hütter** studierte Maschinenbau an der Technischen Universität Dresden mit der Vertiefung Angewandte Mechanik. Im Anschluss ging er an die TU Bergakademie Freiberg und promovierte bei Prof. Meinhard Kuna mit einer Arbeit zur Mehrskalenmodellierung des Bruch- und Schädigungsverhaltens von Metallen im spröd-duktilen Übergangsbereich. In der Arbeitsgruppe von Prof. Björn Kiefer forschte er neben der Mehrskalensimulation verschiedener Schädigungsmechanismen zu generalisierten Kontinuumstheorien und habilitierte sich dort 2019 mit einer Schrift zum Thema „A Theory for the Homogenisation Towards Micromorphic Media and its Application to Size Effects and Damage“. Forschungsaufenthalte in dieser Zeit führten ihn ans Centre des Matériaux in Paris und das Laboratoire d'étude des microstructures et de mécanique des matériaux (LEM3) in Metz. Zum kommenden Wintersemester tritt Geralf Hütter eine Gastprofessur für Baumechanik und Numerische Methoden an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg an.

Nach dem Abschluss einer Belegarbeit beim Fraunhofer Institut für Werkstoffmechanik und der Diplomarbeit bei Prof. Herbert Balke in Dresden, bearbeitete Geralf Hütter an der TU Bergakademie Freiberg ein DFG-Projekt zur Modellierung des spröd-duktilen Übergangsverhaltens von Gusseisen mit Kugelgraphit, welches durch zahlreiche Industrieprojekte und Kooperationen von Prof. Meinhard Kuna angestoßen wurde. Diese Klasse von Werkstoffen kommt auf Grund ihrer hervorragenden Festigkeits- und Zähigkeitseigenschaften sowie guter Bearbeitbarkeit bei vergleichsweise kostengünstiger Herstellung mit wachsendem Marktanteil bei einer Vielzahl von Anwendungen zum Einsatz, beispielweise bei Windkraftanlagen und im Fahrzeugbau. Im

Projekt konnte Geralf Hütter durch eine induktive mikromechanische Modellierungsstrategie die wesentlichen Einflussfaktoren des Gefüges auf die makroskopische Bruchzähigkeit identifizieren und eine Simulationsmethodik entwickeln, die es gestattet, die Bruchzähigkeit aus den Gefügeparametern vorherzusagen [1,2]. Diese Vorhersage ist insofern äußerst relevant, da das Gefüge von gegossenen Bauteilen auf Grund der lokal unterschiedlichen Abkühlbedingungen stark variieren kann.

Für die makroskopische Simulation kamen nichtlokale Modifikationen des etablierten Gurson-Modells verwendet [3]. Dabei wird für die volumetrische plastische Dehnung, welche für die Entfestigung beim duktilen Versagen verantwortlich ist, mit einer zusätzlichen Differentialgleichung vom Helmholtz-Typ belegt (ähnlich dem verwandten Phase-Field-Approach to Fracture). Die dabei auftretende innere Längenskala bestimmt die Breite der Lokalisierungszone der Schädigung und erlaubt damit, im Gegensatz zu Formulierungen im Rahmen der Theorie einfacher Materialien, eine  $h$ -Konvergenz in entsprechenden FEM-Implementierungen. Zudem können derartige Modelle über die Analogie zur stationären Wärmeleitungsgleichung einfach und effizient in vorhandene FEM-Programme wie Abaqus implementiert werden [4].

Eine Schwierigkeit bei der Nutzung schädigungsmechanischer Modelle ist die Identifizierung bzw. Kalibrierung der

## STECKBRIEF



darin enthaltenen größeren Zahl von Materialparametern, so auch beim nichtlokalen Gurson-Modell. Statt von vorherein aufwändige allgemeine Optimierungsverfahren einzusetzen, führte Geralf Hütter zunächst Sensitivitäts- und Dimensionsanalysen hinsichtlich der Vorhersage von Grenzfällen wie einachsigen Zug und Rissausbreitung unter idealem Kleinbereichsfließen durch. Dadurch konnte die Dimension des Parameterraums deutlich reduziert werden und letztlich eine einfache Strategie abgeleitet werden, wie die Parameter aus zwei genormten Standardversuchen, einem Zugversuch und einem bruchmechanischen Versuch, identifiziert werden können [3]. Die Strategie konnte sehr erfolgreich für umfangreichen Ver-

suchsdatensatz angewendet werden [5], eine breit angelegte Validierung mit Industriepartnern läuft aktuell an. In weiteren Arbeiten beschäftigte er sich mit der schädigungsmechanischen Simulation der Materialermüdung [6,7].

Gradientenerweiterte Schädigungs- und Phasenfeldmodelle stellen Sonderfälle der mikromorphen Kontinuumstheorie dar, die neben den genannten Szenarien auch erfolgreich zur Modellierung und Simulation weiterer Größeneffekte eingesetzt wurde. Derartige Größeneffekte treten auf, wenn die Separation zwischen charakteristischen Längenskalen der Mikro- und Makrostruktur nicht hinreichend groß ist. Mikromorphe Theorien haben schon im linear-elastischen Fall eine große Anzahl von Materialparametern, bei nicht-linearem Materialverhalten kann allein die Struktur der notwendigen konstitutiven Gleichungen kaum mehr rein phänomenologisch ergründet werden. Homogenisierungsverfahren erlauben es grundsätzlich, die makroskopischen konstitutiven Gleichungen aus der Geometrie der Mikrostruktur und deren ortsaufgelösten mechanischen Eigenschaften zu gewinnen. Aus diesem Grund hat Geralf Hütter die vorhandenen Homogenisierungsansätze für mikromorphe Kontinua in einer einheitlichen und universellen Theorie zusammengeführt [8], die alle Komponenten der klassischen Homogenisierungstheorie nach Hill aufweist (Mikro-Makrobeziehungen für alle kinetischen und kinematischen Größen; Randwertproblem mit statischen, kinematischen oder peri-

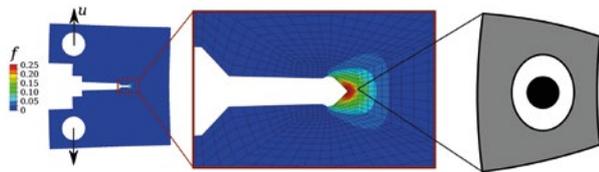
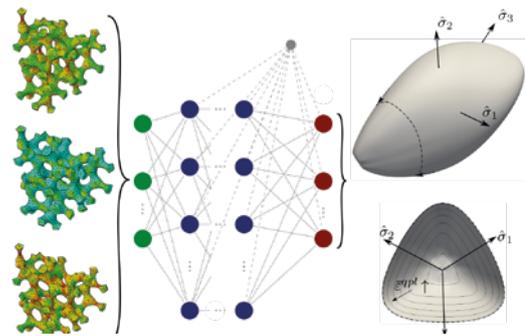


Abb. 1: Mikromorphe Homogenisierung zur Simulation duktiler Schädigung.

Abb. 2 (rechts): Hybrider Mehrskalensatz mit neuronalen Netzen zur effizienten Mehrskalensimulation (aus [13]).



odischen Randbedingungen auf Mikroebene mit beliebigen Materialgesetzen) und die bekannte Homogenisierungstheorie zweiter Ordnung als Sonderfall enthält. Diese Theorie hat er erfolgreich genutzt um die Größeneffekte in Schaumwerkstoffen sowie Lokalisierungsphänomene bei duktiler Schädigung vorherzusagen (Abb. 1), weitere Anwendungen sind in Bearbeitung. Für linear-elastische mikromorphe Kontinua leitete Geralf Hütter zudem in einer Reihe von Arbeiten die analytischen Lösungen für Grundlastfälle wie einfacher Schub, Torsion und reine Biegung ab, zuletzt gemeinsam mit Patrizio Neff u.a. für das sog. relaxierte mikromorphe Kontinuum [9]. Derartige analytischen Lösungen sind einerseits wichtig für die Validierung der Homogenisierungsverfahren sowie die Verifikation numerischer Verfahren, während sie andererseits bei einer phänomenologischen Herangehensweise zur Kalibrierung der Materialparameter genutzt werden können. Auch an der Entwicklung einer Homogenisierungstheorie für die Spannungsgradiententheorie [10] war Geralf Hütter maßgeblich beteiligt. Im Gegensatz zur mikromorphen Theorie erster Ordnung erlaubt diese Theorie die Beschreibung negativer Größeneffekte („kleiner ist weicher“). Beide Homogenisierungsmethoden, sowohl für die mikromorphe als auch die Spannungsgradiententheorie, sind auf Grund ihrer universellen Formulierung bestens für die Mehrskalens-FEM-Simulation (FE<sup>2</sup>) geeignet. Um den erheblichen Aufwand an Rechenzeit bei dieser flexiblen Methode zu reduzieren, hat Geralf Hütter zusammen mit Nils Lange und Björn Kiefer kürzlich einen monolithischen FE<sup>2</sup>-Algorithmus [11] vorgestellt, bei dem die nichtlinearen Gleichungssysteme auf Mikro- und Makroebene konsistent linearisiert und in einer gemeinsamen Newton-Raphson-Schleife gelöst werden. Dadurch entfallen im Vergleich zum konventionellen, verschachtelten FE<sup>2</sup>-Algorithmus die kostspieligen Iterationen auf der Mikroebene. Ebene und dreidimensionale Vergleichsrechnungen zeigten, dass die Rechenzeit mittels des monolithischen Algorithmus um bis zu 60% reduziert werden kann. Die Implementierung MonolithFE<sup>2</sup> für das System Abaqus wurde quelloffen publiziert, um sie einer breiten Nutzerschaft verfügbar zu machen, ebenso wie andere von Geralf Hütter mitentwickelte Softwarekomponenten. Zudem war Geralf Hütter maßgeblich an der Entwicklung eines hybriden Mehrskalensimulationsansatzes [12,13] beteiligt, bei dem das makroskopische (irreversible) Materialverhalten durch neuronale Netze abgebildet wird, die mittels RVE-Simulationen trainiert werden (Abb. 2). Dabei repräsentieren die neuronalen Netze die konstitutiven Funktionen (Formänderungsenergiedichte, Fließfunktion usw.), sodass qualitative Merkmale wie Raten(un)abhängigkeit oder Symmetrieeigenschaften ad hoc implementiert werden können.

Dadurch reduziert sich zum Einen die Menge der nötigen Trainingsdaten drastisch, zum Anderen können in der Implementierung als Materialroutine alle bekannten Algorithmen verwendet werden und die makroskopischen Simulationen sind ähnlich effizient wie mit konventionellen phänomenologischen Materialgesetzen.

## Literatur

- [1] G. Hütter, L. Zybell, M. Kuna: Micromechanisms of fracture in nodular cast iron: From experimental findings towards modeling strategies – A review, *Engineering Fracture Mechanics*, 144 (2015), 118-141.
- [2] G. Hütter, L. Zybell, U. Mühlich, M. Kuna: Consistent Simulation of Ductile Crack Propagation with Discrete 3D Voids, *Computational Materials Science* (80) 2013, 61-70.
- [3] G. Hütter, T. Linse, U. Mühlich, M. Kuna: Simulation of Ductile Crack Initiation and Propagation by means of a Non-local GTN-model under Small-Scale Yielding, *International Journal of Solids and Structures* 50 (2013), 662-667.
- [4] A. Seupel, G. Hütter, M. Kuna: An efficient FE-implementation of implicit gradient-enhanced damage models to simulate ductile failure, *Engineering Fracture Mechanics* 199 (2018), 41–60.
- [5] A. Seupel, G. Hütter, M. Kuna: On the identification and uniqueness of constitutive parameters for a non-local GTN-model, *Engineering Fracture Mechanics* 229 (2020), 106817.
- [6] S. Roth, G. Hütter, M. Kuna: Simulation of fatigue crack growth with a cyclic cohesive zone model, *International Journal of Fracture* 188 (2014), 23-45.
- [7] M. Lukhi, M. Kuna, G. Hütter: Numerical investigation of low cycle fatigue mechanism in nodular cast iron, *International Journal of Fatigue* 113 (2018), 290-298.
- [8] G. Hütter: Homogenization of a Cauchy continuum towards a micromorphic continuum, *Journal of the Mechanics and Physics of Solids* 99 (2017), 394-408.
- [9] G. Rizzi, G. Hütter, A. Madeo, P. Neff: Analytical solutions of the cylindrical bending problem for the relaxed micromorphic continuum and other generalized continua, *Continuum Mechanics and Thermodynamics* 33 (2021), 1505-1539.
- [10] G. Hütter, K. Sab, S. Forest: Kinematics and constitutive relations in the stress-gradient theory: interpretation by homogenization, *International Journal of Solids and Structures* 193-194 (2020), 90-97.
- [11] N. Lange, G. Hütter, B. Kiefer: An efficient monolithic solution scheme for FE<sup>2</sup> problems, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering* 382 (2021), 113886.
- [12] C. Settgaß, G. Hütter, M. Kuna, M. Abendroth: A hybrid approach to simulate the homogenized irreversible elastic-plastic deformations and damage of foams by neural networks, *International Journal of Plasticity* 126 (2020), 102624.
- [13] A. Malik, M. Abendroth, G. Hütter, B. Kiefer: A hybrid approach employing neural networks to simulate the elasto-plastic deformation behavior of 3D-foam structures, eingereicht.



# GAMM Archive for Students

An Open-Access Online Journal run by the GAMM Juniors



STUDY

DISCOVER

PUBLISH RESULTS



Submission of student research results at  
[www.gamm-ev.de](http://www.gamm-ev.de) ▶ Publications ▶ GAMMAS





GESELLSCHAFT für  
ANGEWANDTE MATHEMATIK und MECHANIK e.V.  
INTERNATIONAL ASSOCIATION of APPLIED MATHEMATICS and MECHANICS



## YAMM Lunch 2021

Young Academics Meet Mentors



**Prof. Dr. Andrea Barth**  
University of Stuttgart  
Institute of Applied Analysis and Numerical Simulation

- uncertainty quantification
- stochastic (partial) differential equations
- Monte Carlo methods and stochastic analysis



**Prof. Dr.-Ing. Marc-André Keip**  
University of Stuttgart  
Institute of Applied Mechanics

- computational and applied solid mechanics
- multifield and multiscale problems
- material modeling



**Prof. Dr. Dorothee Knees**  
University of Kassel  
Institut für Mathematik

- nonlinear and nonsmooth partial differential equations
- calculus of variations
- applications in solid mechanics



**Prof. Dr.-Ing. Dennis M. Kochmann**  
ETH Zürich & California Institute of Technology  
Institute of Mechanical Systems

- computational mechanics and multiscale modeling
- (meta-)materials by design
- active materials (modeling and characterization)



**Prof. Dr. Sigrid Leyendecker**  
University of Erlangen-Nuremberg  
Chair of Applied Dynamics

- dynamics of flexible multibody systems
- optimal control
- structure preserving numerical methods



**Prof. Dr.-Ing. Tim Ricken**  
University of Stuttgart  
Institute of Statics and Dynamics of Aerospace Structures

- multiphase and multiscale modeling
- theory of porous media and homogenization
- continuum bio-, environmental-, material-mechanics



**Jun.-Prof. Dr.-Ing. Ulrich Römer**  
Technische Universität Braunschweig  
Institut für Dynamik und Schwingungen

- uncertainty quantification
- sensitivity analysis and parameter estimation
- energy and aerospace applications



**Prof. Dr.-Ing. habil. Jörg Schröder**  
University Duisburg-Essen  
Institute of Mechanics

- continuum mechanics of coupled problems
- mixed finite element methods
- numerical homogenization, scale transitions



**Prof. Dr. Martin Stoll**  
Technische Universität Chemnitz  
Professorship of Scientific Computing

- numerical linear algebra (preconditioning, e.g.)
- large-scale optimization
- computational data science



**Prof. Dr.-Ing. PD Kerstin Weinberg**  
University of Siegen  
Solid Mechanics Group

- material modeling
- FEA of coupled problems
- fracture mechanics



**Jun.-Prof. Dr. Kathrin Welker**  
Helmut-Schmidt-University Hamburg  
Mathematics in Civil Engineering

- shape optimization
- optimization methods in shape spaces
- PDE and VI constrained optimization problems



**Prof. Dr. Barbara Zwicknagl**  
Humboldt Universität zu Berlin  
Applied Analysis

- applied analysis and variational calculus
- approximation theory
- elasticity theory

91<sup>st</sup> Annual Meeting of the International Association of Applied Mathematics and Mechanics  
March 15-19, 2021, Kassel, Germany

# YAMM 2021 – YOUNG ACADEMICS MEET MENTORS

VON TOBIAS KAISER UND JOHANNA WAIMANN

During this year's annual conference, young scientists once again had the opportunity to exchange ideas with mentors during the YAMM. However, how can a networking event take place in an online format?

The YAMM has been an integral part of the annual meeting since 2017. It is usually held in the form of a joint lunch, where young scientists exchange ideas with professors from the field of mechanics and applied mathematics about perspectives for their scientific careers.

Due to the corona-related virtual annual meeting, the networking event YAMM also had to face the challenges of an online meeting. Therefore, the event took place in the virtual space Wonder, which enabled individual meetings of participants and mentors as well as discussions in smaller groups via video chat. In particular, we were very pleased to welcome twelve professors from the field of mechanics

and applied mathematics who looked back on their scientific careers from different perspectives and shared their experiences with the young scientists. Following the last year's open concept, the choice of topics to be discussed was left to the individual participants. Thus, many questions could be answered about the compatibility of family life and scientific career, about important steps on the way to a professorship as well as about stays abroad.

Finally, we, the GAMM Juniors, want to take the opportunity to thank everyone who helped make the event a success. Special thanks go to the mentors, who kindly shared their experiences with the young scientists and gave them valuable advice for their career planning.

We are looking forward to meet again with young academics and mentors at the next annual meeting in Aachen – hopefully in person!

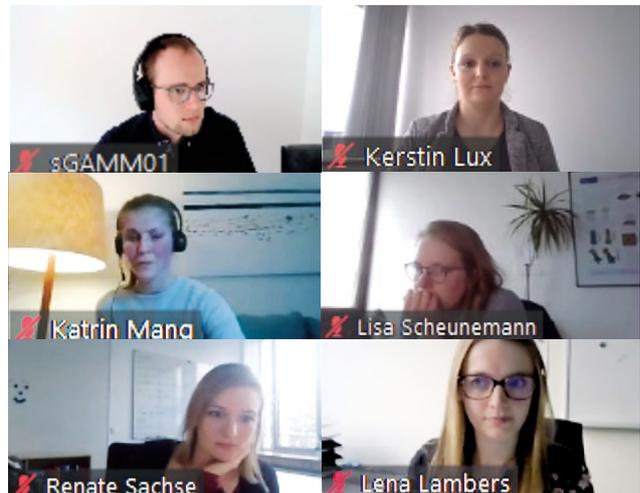
# PRE-GAMM – ONBOARDING FOR YOUNG RESEARCHERS

VON MERTEN STENDER, KERSTIN LUX UND RENATE SACHSE

Stellen Sie sich vor, Sie lesen das Programm der nächsten GAMM-Jahrestagung und finden das Thema einer Plenary Lecture spannend, haben aber leider kaum Vorwissen auf dem Gebiet. Das ist sicherlich vielen von uns schon so passiert. Daher haben wir, die GAMM-Junioren, zur Vorbereitung auf die diesjährige GAMM-Jahrestagung zum allerersten Mal die „Pre-GAMM – Onboarding for young researchers“ organisiert. Dieser virtuelle Workshop gab jungen WissenschaftlerInnen und allen, die sich in der GAMM-Community dafür interessieren, die Möglichkeit einer kurzen fachlichen Einführung in die Themenbereiche der Hauptvorträge – und zwar auf Einsteigerniveau. Das Ziel war, vor allem auch Nachwuchswissenschaftler\*innen abzuholen, sodass sie die Plenary Lectures während der GAMM-Jahrestagung mitverfolgen und idealerweise den wissenschaftlichen Diskurs in diesen Themengebieten weiterführen können.

Wir sind sehr froh darüber, dass wir insgesamt sechs Vortragende für dieses Format gewinnen konnten. Ein großer Erfolg war, dass sowohl die Hauptvortragenden selbst, als auch Nachwuchswissenschaftler aus dem Team der Hauptvortragenden dieses Format unterstützten. So trugen an drei Abenden in der Woche vor der GAMM-Jahrestagung Laurette Tuckerman, Holger Steeb, Christian Etmann, Subhadip Mukherjee, Josef Málek und Jörn Mosler über ihre jeweiligen Fachgebiete vor. An dieser Stelle möchten wir uns nochmals herzlich bei den Vortragenden bedanken! Wie die Jahrestagung, hat auch dieser Workshop online über Zoom stattgefunden. Wir freuen uns über großen Anklang innerhalb der GAMM-Community mit bis zu 90 Teilnehmenden und lebendigen Diskussionen.

Um Konferenzneulingen den Einstieg zu erleichtern, fand zusätzlich zum fachlichen Teil der Pre-GAMM ein Soft-



Skill Seminar „How to conference“ statt. Dabei diskutierten die TeilnehmerInnen mit den konferenzerfahrenen ExpertInnen Johanna Eisenträger, Dietmar Gallistl, Marc-André Keip und Marita Thomas über Tipps und Tricks für wissenschaftliche (online) Konferenzen. Auch an unsere ExpertInnen nochmals ein herzliches Dankeschön!

Bereits während des Workshops sowie auch im Nachgang erhielten wir zahlreiches positives Feedback sowie konstruktive Ideen für die zukünftige Umsetzung der Veranstaltung. Wir freuen uns auf eine erfolgreiche Fortsetzung der Pre-GAMM in den nächsten Jahren, gerne natürlich mit Ihrer Teilnahme. Falls Sie mehr über die Aktivitäten der GAMM Junioren erfahren möchten, schauen Sie einfach auf unserer Homepage vorbei: <https://www.gamm-juniors.de/>.



**DR.-ING. RENATE SACHSE**

**TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN  
LEHRSTUHL FÜR NUMERISCHE MECHANIK**

**E-MAIL: RENATE.SACHSE@TUM.DE  
PHONE: +49-89-289-15303**

**DR.-ING. FELIX DIEWALD**

**TECHNISCHE UNIVERSITÄT KAISERSLAUTERN  
LEHRSTUHL FÜR TECHNISCHE MECHANIK**

**E-MAIL: FDIEWALD@RHRK.UNI-KL.DE  
PHONE: +49-631-205-3099**

**JUNGE TALENTE IN  
BESTER GESELLSCHAFT**

**INFORMATIONEN ZUR MITGLIEDSCHAFT [www.gamm-ev.de](http://www.gamm-ev.de)**



JAHRESBERICHT 2021 DER GAMM-NACHWUCHSGRUPPE

VON HENRIK EBEL, FRANZISKA EGLI UND LENA LAMBERS

U STUTT GART

The screenshot shows a Zoom meeting interface. On the left, a presentation slide titled "Stability of equilibria" is displayed. The slide contains the following text and diagrams:

- example: oscillator with nonlinear stiffness**  

$$m\ddot{q}(t) + d\dot{q}(t) + k_1q(t) + k_3q^3(t) = 0$$

$$\Leftrightarrow \dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{A}\mathbf{x}(t) + \mathbf{g}(\mathbf{x}(t)), \quad \mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{k_1}{m} & -\frac{d}{m} \end{bmatrix}$$
- energy Lyapunov function**  

$$V(\mathbf{x}) = \frac{k_1}{2}x_1^2 + \frac{k_3}{4}x_1^4 + \frac{m}{2}x_2^2 = \frac{k_1}{2}x_1^2 \left(1 + \frac{k_3}{2k_1}x_1^2\right) + \frac{m}{2}x_2^2 > 0 \text{ if } x_1^2 < \frac{2k_1}{|k_3|}$$

$$\dot{V} = k_1x_1\dot{x}_1 + k_3x_1^3\dot{x}_1 + mx_2\dot{x}_2$$

$$= k_1x_1x_2 + k_3x_1^3x_2 + x_2(-k_1x_1 - k_3x_1^3 - dx_2) = -dx_2^2 \leq 0$$
- We conclude stability and local attractivity of the trivial equilibrium.**
- estimated domain of attraction** (with a phase portrait diagram showing trajectories spiraling into the origin).
- A diagram of a mass-spring-damper system with mass  $m$ , damping  $d$ , and nonlinear springs  $k_1, k_3$ .
- A graph of the potential energy  $V$  versus  $x_1$ , showing a double-well potential for  $k_3 < 0$ .
- Slide number: 13

On the right, a video feed shows Matthias Hinze speaking. The Zoom interface includes a chat window with 28 participants and control buttons for muting, video, and chat.

Die Stuttgarter GAMM-Nachwuchsgruppe konnte sich auch im zweiten Jahr über eine große Gruppe mit circa 70 Mitglieder\*innen freuen. Im Fokus stand dieses Jahr ein reiner Doktoranden-Workshop, bei dem die Promovierenden unterschiedlicher Fachrichtungen untereinander in kollegialer Atmosphäre über Ihre Forschungsthemen berichten und diese diskutieren konnten. Thematisch gruppierten sich fünf Fachvorträge um das Oberthema "Lyapunov-Stabilität von mechanischen Systemen". Nach einer Einführung in die theoretischen Grundlagen durch Matthias Hinze folgten die Fachvorträge von Giuseppe Capobianco, Maximilian Raff, Pascal Preiswerk, Matthias Hinze und Simon Sailer. Die thematische Ausgestaltung war hierbei sehr mannigfaltig und reichte von stabilitäts-erhaltender Simulation mit Anwendung in der Simulation von Felsabgängen im Gebirge bis hin zu Stabilitätsfragen bei Systemen mit einseitigen Beschränkungen und dem Begriff der inkrementellen Stabilität. Der Einführungsvortrag ermöglichte es hierbei auch Zuhörern, die davor noch

nicht mit dem Stabilitätsbegriff nach Lyapunov und der zugrundeliegenden Theorie vertraut waren, die vorgestellten Probleme und Lösungsansätze nachzuvollziehen. Der digital stattfindende Workshop wurde sehr gut angenommen, was eine Zahl von circa 30 Teilnehmer\*innen verdeutlicht. Zudem hat das anschließende Feedback aus der Nachwuchsgruppe ergeben, dass Forschungsschwerpunkte eines fremden Instituts den Doktorandinnen und Doktoranden oft fast gänzlich unbekannt sind, was den Mehrwert solcher Workshops verdeutlicht und die Kooperation untereinander stärkt. Aus diesem Grund befindet sich ein zweiter Workshop zur Theorie poröser Medien in der Vorbereitung und auch weitere Workshops dieser Art sind bereits in Planung. Daneben wollen wir auch den direkten, persönlichen Austausch bald wieder verstärken und planen im Sommer weitere Aktivitäten wie beispielsweise ein gemeinsames Grillen.

## JAHRESBERICHT 2021 DER GAMM-NACHWUCHSGRUPPE

VON ALEXANDER DYCK UND TUNC YÜZBASIOGLU

KIT

Ein Jahr nach der Gründung der GAMM-Nachwuchsgruppe am KIT sind wir 21 Mitglieder. Besonders gefreut haben wir uns über einige neue Mitglieder aus der Fakultät für Mathematik.

Da kurz nach unserer Gründung die Präsenzveranstaltungen entfielen, mussten wir die Aktivitäten auf Online umstellen. Um die Forschungsthemen der Mitglieder kennen zu lernen haben wir ein wissenschaftliches Speed-Dating organisiert, in dem alle anwesenden Mitglieder innerhalb von drei Minuten das eigene Forschungsthema vorstellen konnten. Im Anschluss an die Präsentationen wurden gemeinsame inhaltliche Schwerpunkte der Forschungsarbeiten gesammelt und diskutiert. In der Woche der GAMM-Jahrestagung kamen wir zum

Termin des Conference Dinners zum informellen Conference Dinner der Nachwuchsgruppe KIT über Zoom zusammen um uns über die Erfahrungen im Zuge der Online Konferenz auszutauschen. Darüber hinaus organisierten wir einige Online Gesprächs-Abende, um den Kontakt zwischen den Mitgliedern nicht versiegen zu lassen.

Die Seminarreihe der Nachwuchsgruppe mit Vorträgen der Mitglieder aus der eigenen Forschung wurde im vergangenen Jahr pausiert. Grund war die Schwierigkeit, eine gemeinsame Diskussion auf Augenhöhe über die Online Tools führen zu können. Eine Wiederaufnahme ist für die nahe Zukunft geplant.

## JAHRESBERICHT 2021 DER GAMM-NACHWUCHSGRUPPE

VON HENNING LAMMEN, TOBIAS KAISER UND TILLMANN WIEGOLD

TU DORTMUND



Im dritten Jahr der GAMM-Nachwuchsgruppe an der Technischen Universität Dortmund konnten wir wieder neue Mitglieder für die Nachwuchsgruppe gewinnen. Somit besteht die Nachwuchsgruppe nun aus insgesamt 39 regulären Mitgliedern. Dazu kommen 10 Senioremitglieder, welche die Gruppe aktiv mitgestalten. Die 39 regulären Mitglieder teilen sich in 17 Mitglieder aus der Fakultät Maschinenbau, neun Mitglieder aus der Fakultät Architektur und Bauingenieurwesen sowie 13 Mitglieder aus der Fakultät Mathematik auf.

In den vergangenen zwölf Monaten konnten wir pandemiebedingt leider keine Treffen vor Ort veranstalten. Allerdings konnten wir die Online-Seminare "What can mathematical analysis of neural networks tell us about deep learning" von Ass.-Prof. Dr. Philipp Christian Petersen von der Universität Wien und "Konstruk-

tion und Approximation von Zufallsfeldern" von Prof. Dr. Felix Lindner von der Universität Kassel organisieren, welche jeweils zu starkem interdisziplinärem Austausch anregen konnten. Auch ein Vortrag zur FSI Kopplung von Strömung und Festkörper auf der ebenfalls virtuell durchgeführten Generalversammlung vom Nachwuchsgruppenmitglied Justus Klipstein hat interessante Diskussionen angestoßen. Auf der Generalversammlung wurde zudem mit Henning Lammen, Tillmann Wiegold, Michael Sievers und Fabian Guhr der Vorstand wiedergewählt.

Wir freuen uns darauf in den kommenden zwölf Monaten den interdisziplinären Austausch untereinander sowie zu anderen Nachwuchsgruppen mit vielen Treffen, Seminaren und sozialen Aktivitäten zu vertiefen und schauen zuversichtlich auf das kommende Jahr.

## JAHRESBERICHT 2021 DER GAMM-NACHWUCHSGRUPPE

VON CHRISTIANE SCHMIDT

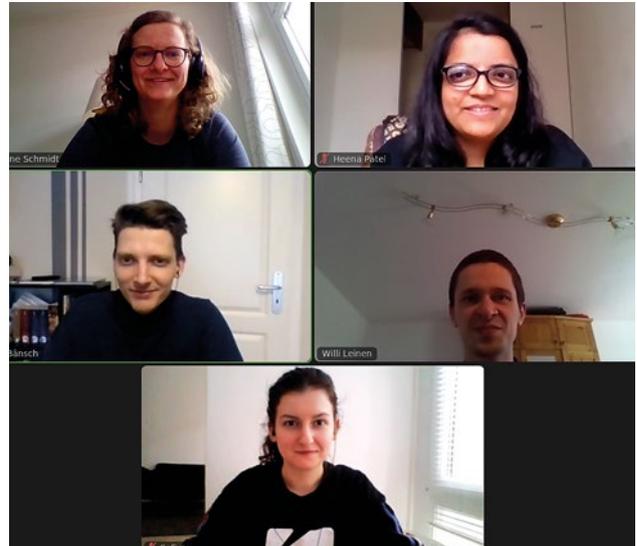
## TU & U HAMBURG

Die GAMM-Nachwuchsgruppe Hamburg hat aktuell siebzehn Mitglieder an der Universität Hamburg und der Technischen Universität Hamburg.

Die Aktivitäten der Nachwuchsgruppe mussten auf Grund der Maßnahmen zur Pandemiebekämpfung und einer erhöhten Belastung durch digitale Lehre leider stark eingeschränkt werden.

Nach den jährlichen Vorstandswahlen in digitaler Form stellten wir im Herbst uns und unsere Aktivitäten in einer online Veranstaltung unseren neuen Kollegen vor. Insbesondere aus den Reihen des neuen universitätsübergreifenden Graduiertenkollegs konnten wir viele neue Mitglieder gewinnen.

Das Lothar-Collatz Seminar, in dem sowohl externe als auch junge Wissenschaftler aus den eigenen Reihen ihre aktuelle Forschung präsentieren, wurde digital fortgesetzt. Für die Vortragsreihe „Life after PhD“ luden wir ehemalige Doktoranden ein uns über ihre aktuelle Arbeit und ihre Erfahrungen nach der Promotion im Allgemeinen zu berichten. Durch das online Konzept konnten wir auch Alumni außerhalb Hamburgs für die Reihe gewinnen und erhielten Einblicke in verschiedenste Jobs bei SAP, Inter-



soft AG, lokalen Consulting Unternehmen oder den Beruf des Lehrers. Die Reihe wird fortgesetzt und weitere online Veranstaltungen sind in Planung.

## JAHRESBERICHT 2021 DER GAMM-NACHWUCHSGRUPPE

VON FABIAN KRÖPFL, PASCAL SCHOPPE UND DAVID WIEDEMANN

## U AUGSBURG

Derzeit besteht die Nachwuchsgruppe aus 10 regulären und 2 Senior-Mitgliedern (Stand: 10. Juni 2021).

Das Hauptziel der Gruppe ist die Vernetzung innerhalb der Gruppe und mit anderen Nachwuchsgruppen. Da die Mitglieder der Gruppe ein breites inhaltliches Spektrum von physikalischer Modellierung über numerische Mathematik bis hin zur angewandten Analysis abdecken, führte dies bisher zu einem inhaltlich sehr bereichernden Austausch, den wir gerne fortsetzen möchten. Die sonst üblichen Zusammentreffen der Gruppe waren pandemiebedingt leider nicht möglich, sodass z.B. die geplanten Firmenbesuche leider entfallen mussten, wohingegen die gemeinsamen Mittagessen durch Zoom-Meetings und gemeinsame Teilnahme an den One-World-Seminaren ersetzt werden konnten. Außerdem nahmen mehrere unserer Mitglieder an der digitalen GAMM-Jahrestagung vom 15. bis 19. März 2021 teil. Zuletzt organisierten Mitglieder der Augsburger Nachwuchsgruppe vom 25. bis 26. März 2021 den „Sion

Young Academics Workshop“, der dieses Jahr ebenfalls digital stattfinden musste.

Für das kommende Jahr planen wir die Wiederaufnahme von regelmäßigen Treffen zum Mittagessen in Präsenz sowie die Durchführung eines Seminars, bei dem die Teilnehmer in Kurzvorträgen den Inhalt ihrer aktuellen Forschung vorstellen. Außerdem hoffen wir, die für dieses Jahr angedachten Firmenbesuche nachholen zu können.

# NFDI-MATWERK: NATIONALE FORSCHUNGSDATEN- INFRASTRUKTUR FÜR DEN BEREICH DER MATERIALWISSENSCHAFT UND WERKSTOFFTECHNIK

VON STEFAN DIEBELS, CHRISTOPH EBERL, FELIX FRITZEN, STEFAN HARTMANN UND  
MARKUS NIEBEL

Bund und Länder haben 2018 beschlossen, eine nationale Forschungsdateninfrastruktur – die NFDI – aufzubauen, die die wissenschaftlichen Datenbestände systematisch erschließt, nachhaltig sichert, national und international vernetzt und schließlich einer erweiterten und allgemeinen Nutzung zugänglich macht. Die entsprechenden Prozesse sollten dabei aus den jeweiligen Fachgemeinschaften heraus initiiert und gesteuert werden. Für bis zu dreißig Konsortien aus allen Fachgebieten war dazu eine Förderung mit bis zu 85 Mio. Euro pro Jahr vorgesehen. Die Gemeinsame Wissenschaftskonferenz aus Bund und Ländern (GWK) hat in diesem Rahmen auf Empfehlung des NFDI-Expertengremiums und der DFG am 2. Juli 2021 die Förderung von NFDI-MatWerk, des NFDI-Konsortiums im Bereich Materialwissenschaft und Werkstofftechnik, für den Zeitraum 2021 bis 2026 beschlossen. Sprecher des Konsortiums, das aus elf Mitgliedern und fünfzehn assoziierten Einrichtungen (darunter auch die GAMM) besteht, ist Prof. Chris Eberl vom Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik (IWM) in Freiburg [<https://nfdi-matwerk.de/fuenf-jahre-foerderung-fuer-forschungs-konsortium-nfdi-matwerk/>].

Materialwissenschaft und Werkstofftechnik verfolgen unter anderem das Ziel, neue Werkstoffe mit herausragenden Eigenschaften zu entwickeln, zu charakterisieren und die physikalischen Prinzipien, die diesen Werkstoffen zugrunde liegen, zu verstehen. Die erforderliche Werkstoffcharakterisierung erfolgt dabei auf allen relevanten Skalen – von der atomaren Größenordnung bis zu vollständigen Bauteilen. Sie schließt neben der Erfassung und Bewertung der Mikrostrukturen auch die Bestimmung der mechanischen, thermischen und chemischen Eigenschaften ein. Diese sollen auch immer im Kontext ihrer individuellen Prozesskette betrachtet werden können, um der starken Pfadabhängigkeit bei der Bearbeitung von Werkstoffen Rechnung zu tragen. Die so gewonnenen, hochgradig strukturierten Daten bilden zukünftig die Grundlage für die mechanische Modellierung und die Mehrskalensimulation. Damit ergibt sich eine natürliche Überlappung mit den Interessen der angewandten Mathematik und Mechanik, die sich vor allem mit Fragestellungen der Modellierung und Simulation befassen. Die beiden GAMM Fachauschüsse „Data-driven Modeling and Numerical Simulation for Microstructured Materials“ und „Experimental

Solid Mechanics“, bei denen die Überlappung besonders hoch ausgeprägt ist, stehen daher bereits in regem Austausch mit dem Konsortium, das jetzt über NFDI-MatWerk gefördert wird.

Ziel der Initiative NFDI-MatWerk ist es, nicht nur Daten aus Einzelexperimenten zur Charakterisierung von Werkstoffen aufzunehmen, sondern Methoden zu entwickeln, um die Daten aus einer Vielzahl unterschiedlicher Charakterisierungsverfahren zu strukturieren und mit geeigneten Metadaten zu annotieren (Abbildung 1, links). So können zukünftig sowohl die Herstellungs- und Verarbeitungsschritte als auch die Prüfbedingungen und zugehörigen Datenauswertungen auch nach längerer Zeit oder durch andere Nutzer nachvollzogen werden (Abbildung 1, rechts). Dazu werden entsprechende Ontologien entwickelt, die zur Beschreibung der Datensätze dienen und darüber hinaus ein gezieltes Suchen in den Datenbeständen ermöglichen. Die Ontologien erlauben den Aufbau einer wissensgraphbasierten Infrastruktur, die es weiterhin gestattet, neben den experimentellen Daten auch Simulationsergebnisse abzubilden und zu verknüpfen. Die Initiative gestattet es in einmaliger Form, die Aktivitäten in diesen Bereichen zu bündeln. Sie stellt damit einen wesentlichen Beitrag zur gegenwärtigen digitalen Transformation der Wissenschaft dar. Die genannten Entwicklungen sind erforderlich, damit fortschrittliche Auslegungs- und Designmethoden unter anderem auf digitale Zwillinge zurückgreifen können. Weiterhin bietet die umfassende, strukturierte und sich stetig entwickelnde Datensammlung in der NFDI-MatWerk Infrastruktur ein hervorragendes Potential für die Weiterentwicklung der daten-getriebenen Modellierung, bei der klassische Materialmodelle um Komponenten künstlicher Intelligenz angereichert werden und komplexe mathematische Zusammenhänge aus den Datenbeständen „erlernt“ werden.

Das Konsortium der NFDI-MatWerk aus elf Mitgliedern und fünfzehn assoziierten Partnern wird die vielfältigen Fragestellungen, die zur Bewältigung des Projektes anstehen, in mehreren Teilprojekten und aus unterschiedlichen Perspektiven angehen. Über die Beteiligung und frühzeitige Einbindung der assoziierten Partner durch Participant Projects und Infrastructural Use Cases ist dabei sichergestellt, dass die zu entwickelnde Infrastruktur und die erforderlichen Arbeitsabläufe ein breites Spektrum an Interessen und Bedürfnissen abde-



Abb. 1: Charakterisierung mit unterschiedlichen Methoden, Korrelation der Messergebnisse, Annotation und Erstellung von Metadaten sowie Speicherung in einer vernetzten Datenbank (links), Nutzung der Datenbank zur Erstellung von geeigneten Material- und Simulationsmodellen (rechts) Bildquelle: ©Fraunhofer IWM.

cken werden. Daher ist NFDI-MatWerk an der Rückmeldung aus den beteiligten Institutionen und Fachgremien sehr interessiert und steht einer weiteren Beteiligung offen gegenüber. Weiterführende Information zu NFDI-

MatWerk finden sich auf der Homepage der Initiative <https://nfdi-matwerk.de>, über die auch eine direkte Kontaktaufnahme durch alle Interessierten möglich ist.



**AM MITGLIED WERDEN!**

# Students in Germany Can JOIN SIAM FOR FREE

Students make up an important part of the 14,500+ mathematicians, computer scientists, engineers, physicists, and other scientists who enjoy the many benefits of belonging to Society for Industrial and Applied Mathematics.

UNDERGRADS & GRADUATE STUDENTS CAN JOIN SIAM FOR JUST \$25 OR FOR FREE IF THEY BELONG TO A SIAM STUDENT CHAPTER. EARLY CAREER PROFESSIONALS CAN JOIN FOR HALF THE REGULAR PRICE.

Learn more or join at [siam.org/membership/student](https://siam.org/membership/student)

## STUDENT MEMBERS EXPERIENCE:

- Networking opportunities
- Access to cutting edge research
- Visibility in the applied mathematics and computational science communities
- Career resources, advice, & information
- Opportunity to share research & experience the journal review process through *SIAM Undergraduate Research Online* (SIURO)
- Chance to attend Gene Golub SIAM Summer School (G2S3)

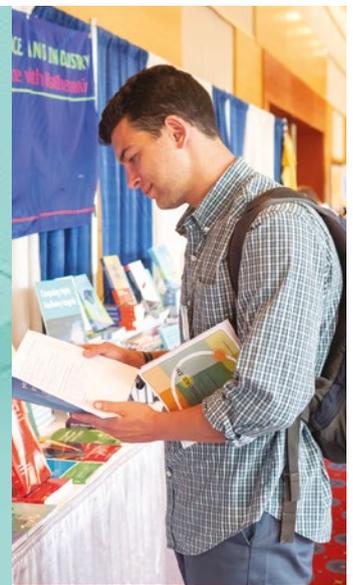
## STUDENT MEMBERS GET:

- Free membership in two SIAM activity groups
- Free *SIAM News* and *SIAM Review* subscriptions
- 30% discount on SIAM books
- 95% discount on electronic access to current content and archives for all 18 SIAM journals
- Up to 85% off conference registration rates
- *SIAM Unwrapped* member e-newsletter
- Eligibility to hold office and serve on SIAM committees
- Consideration for SIAM Student Travel Awards

## SIAM HAS 200+ STUDENT CHAPTERS THROUGHOUT THE WORLD, INCLUDING:

- Heidelberg University Student Chapter
- Otto Von Guericke University Magdeburg Student Chapter
- RWTH Aachen University Student Chapter
- Technische Universität Berlin Student Chapter
- University of Hamburg Student Chapter
- University of Trier Student Chapter

**GAMM members who live outside the United States: Visit [siam.org/joinsiam](https://siam.org/joinsiam) to join SIAM at a special reciprocal rate that is 30% less than the regular member rate!**



“SIAM is important because professional organizations are vital in bringing up students and early career scientists. Making connections and providing a coherent and consistent community that meets throughout the year is an invaluable thing. Publishing is important too, so SIAM journals are an excellent venue for in-depth work.”

— Jed Brown,  
University of  
Colorado

**siam**

Society for Industrial and Applied Mathematics

3600 Market Street, 6th Floor, Philadelphia, PA 19104-2688 USA  
Phone: +1-215-382-9800 · [membership@siam.org](mailto:membership@siam.org) · [www.siam.org](http://www.siam.org)



# GAMM 2020@2021, VIRTUELL AUS KASSEL



# GAMM 2020@2021, VIRTUELL VERANSTALTET VON/ AUS KASSEL

VON OLAF WÜNSCH, DETLEF KUHL, ANDREAS MEISTER UND ANDREAS RICOEUR



Jetzt also doch virtuell! Nach jahrelanger Planung und der kurzfristigen Absage der GAMM 2020 an der Universität Kassel hoffte das lokale Veranstaltungsteam lange an einen Neustart in Präsenz für 2021. Bestehen doch erst seit kurzer Zeit die erforderlichen Infrastrukturen, um diese traditionsreiche Jahrestagung der Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik erstmalig auf dem Universitätsgelände in Kassel adäquat durchführen zu können. Daher hatte sich das Veranstaltungsteam sehr gefreut, nachdem die Einladung vom GAMM-Vorstand angenommen wurde. Doch ein kleiner Virus in der Größenordnung von 100 nm hatte etwas dagegen und machte alle Hoffnungen zunichte. Schon im Herbst 2020 musste angesichts der Entwicklung von bis dahin wenig bekannten Kennzahlen wie 7-Tage-Inzidenz und 7-Tage-R-Wert die Entscheidung zu Gunsten eines virtuellen Formats gefällt werden. Statt der Zuordnung von Sektionen zu Seminarräumen, der Kennzeichnung von Wegen auf dem Gelände, der Organisation des Begleitprogramms, um nur wenige Beispiele zu nennen, standen jetzt die Verknüpfung der Vorträge mit virtuellen Übertragungsräumen der Videokonferenzsoftware und andere informationstechnische Aufgaben im Focus. An dieser Stelle schon einmal herzlichen Dank an die beteiligten Personen für die perfekte Unterstützung. Und so fand die 91. Jahrestagung der GAMM digital vom 15.-19. März 2021 an der gastgebenden Universität Kassel statt.

Das wissenschaftliche Programm war umfangreich und vielfältig: 840 Anmeldungen für die Vorträge in 24 verschiedenen Sektionen, sieben Plenarveranstaltungen durch anerkannte nationale und internationale Experten aus dem Bereich der Angewandten Mathematik und Mechanik, Postersessions, Minisymposien und Berichte zu aktuellen DFG-Programmen zeigten die enorme Vielfalt der wissenschaftlichen Entwicklungen rund um die Angewandte Mathematik und Mechanik. Herauszuheben sind die Vortragenden der Plenarveranstaltungen. Der Bereich der Mathematik wurde von Laura Grigori vom INRIA Paris, Carola Schönlieb von der Universität Cambridge und Josef Malek, Charles Universität Prag vertreten. Das Spektrum der Themen ging von dem Design robuster Algorithmen über datengetriebene Variationsmodelle für inverse Probleme bis zu den Navier-Stokes-Gleichungen. In der Mechanik wurden Aspekte bei nichtlinearen Finiten Elementen, bei Grenzflächen, bei der Modellierung von porösen Medien und bei Faraday-Wellen von Stefan Hartmann (TU Clausthal), Jörg Mosler (TU Dortmund), Holger Steeb (Universität Stuttgart) und Laurette Tuckermann (ESPCI Paris) erläutert. Weitere Höhepunkte waren die Verleihung des Ludwig-Prandtl-Ringes an Ann Dowling für ihre Arbeiten zum Verständnis von Verbrennungsinstabilitäten in Strahltriebwerken und zur Reduzierung von Fluglärm, die Ludwig-Prandtl-Gedächtnis-Vorlesung von Ulrich Schumann (DLR) über atmosphärische Bewegungen und die vier Vor-



träge der Richard-von-Mises-Preisträger\*innen für Angewandte Mathematik und Mechanik. Coronabedingt wurde dieser Preis für die Jahre 2020 und 2021 gemeinsam an Elisa Davoli, Fadi Aldakheel, Silvia Budday und Thomas Berger verliehen. Mit den öffentlichen Vorträgen gelang es, ein wenig Lokalkolorit in den virtuellen Tagungsverlauf zu spiegeln. Siegfried Hoß von der Museumslandschaft Hessen Kassel präsentierte sehr anschaulich die Wasserkünste von Wilhelmshöhe und Timo Mappes vom Deutschen Optischen Museum zeigte auf kurzweilige Weise die hundertjährige Entwicklung wissenschaftlicher Mikroskope zwischen 1820 und 1920, wobei er auch auf Exponate des Astronomisch-Physikalischen Kabinetts in Kassel einging. Traditionell wird auf der GAMM-Jahrestagung auch dem jüngeren Forschungsnachwuchs eine eigene Plattform geboten. Auch dieses Jahr fand das YAMM-Lunch der GAMM-Junioren, wenn auch nur virtuell, unter großer Beteiligung statt. Zwölf Experten aus dem gesamten Spektrum der Angewandten Mathematik und Mechanik stellten sich den Fragen der jungen Nachwuchswissenschaftler. Das Young Researcher Minisymposium zu sechs verschiedenen Themen wurde ebenfalls sehr gut nachgefragt. Nach fünf ereignisreichen Tagen endete die virtuelle 91. Jahrestagung der GAMM 2020@2021 ohne größere technische Probleme. Klassiker bei virtuellen Veranstaltungen wie nicht eingeschaltete Mikrofone und Schwierigkeiten beim Hochladen der Vorträge wurden souverän von den vielen

Personen im Hintergrund gemeistert. Namentlich herausheben im Bereich der Organisation wollen wir Stefan Descher und Kevin Watzl, die mit tollem Engagement und unermüdlichen Nachdruck im Konferenzsekretariat das Gelingen dieser speziellen Tagung erst möglich gemacht haben. Ganz herzlichen Dank dafür! Weiterhin bedanken wir uns beim lokalen Organisationsteam und dem Programmkomitee für Ihre unermüdliche Arbeit mit dem gemeinsamen Ziel, eine erfolgreiche und besondere Tagung durchzuführen. Unser besonderer Dank gilt dem Präsidium unserer Universität Kassel. Sie hat die Durchführung der Tagung von Anfang an sowohl finanziell als auch logistisch mit der Bereitstellung des technischen Equipments zur Videoübertragung hervorragend unterstützt. Nur so konnten wir uns als Universität Kassel angemessen in diesem Format präsentieren. Was bleibt? Eine GAMM-Jahrestagung, die erstmalig in Kassel stattfand, sich (ebenfalls erstmalig) über zwei Jahre erstreckte und als erste virtuelle Tagung in die GAMM-Geschichte eingegangen ist. Gerne hätten wir neben dem wissenschaftlichen Programm auch die Universität Kassel und die Stadt Kassel in direktem Kontakt präsentiert. So bleibt uns nur die herzliche Einladung auszusprechen, zu einer anderen Gelegenheit und zu anderen Zeiten nach Kassel zu kommen. Wir freuen uns aber auf jeden Fall, im nächsten Jahr alle Mitglieder und Freunde der GAMM auf der 92. Jahrestagung im August 2022 in Aachen (und in Präsenz!) wiederzusehen.

# GAMM 2021 ONLINE/KASSEL: OPENING SPEECH

JÖRG SCHRÖDER

## *Ladies and Gentlemen, dear Colleagues,*

it is a great pleasure to welcome you all to our annual meeting of the International Association for Applied Mathematics and Mechanics.

We would like to thank the Board of the University of Kassel for hosting our online conference. As you know, we had to cancel the planned meeting in Kassel last year at short notice due to the development of corona infections. Therefore, I am even more pleased that this year we are holding the GAMM annual meeting under the patronage of our colleagues from Kassel. This year as an ONLINE-only meeting, because the corona pandemic still has us firmly in its grip.

My special thanks go to the organizers of our conference, who had to face the efforts of the conference organization twice. Once as a face-to-face event in 2020 and now as an ONLINE event in 2021. A sincere "thank you" from all of us goes to Detlef Kuhl, Andreas Meister, Andreas Ricoeur, Olaf Wunsch, Stefan Descher, Kevin Watzl and their teams for giving us the opportunity to hold the conference, for taking on the burden of organizing this great meeting, and for all the hard work they have put into it. We have about 950 registrations, which means that the conditions for a successful conference are in place.

Since we unfortunately cannot enjoy the cultural highlights on site in Kassel, it is a special concern of mine to draw your attention to the public lecture on Tuesday evening at 7:30 pm. Mr. Siegfried Hoß will then introduce us to the unique water arts of Wilhelmshöhe. The "Bergpark Wilhelmshöhe" is a UNESCO World Heritage Site and shows the combination of craftsmanship and the creation of unique water arts as a means of showcasing royalty.

An ongoing issue for GAMM is to attract younger members. Many question the benefits of GAMM membership. The overriding task of GAMM is to promote scientific developments in applied mathematics and mechanics. Of course, it is an important concern for us to give young scientists support for their careers.

Particularly noteworthy in this regard are the GAMM Juniors. They have established themselves as an important part of our organization. This year, for example, a pre-GAMM event was organized for the first time. The goal was the scientific preparation of young scientists to our 91st annual meeting. Furthermore, a soft skill seminar "how to conference" was hosted for first-time participants and early-career PhD students. According to the feedback, this event, organized by Lena Lambers, Kerstin Lux, Katrin Mang, Renate Sachse, Lisa Scheunemann, Merten Stender, was a great success with good participation.

GAMM student chapters have also taken their first steps and are another important building block for new impulses to make GAMM attractive and fit for the future. Currently,

we have 8 junior research groups that aim to strengthen interdisciplinary cooperation and exchange in applied mathematics and mechanics between master students, PhD students and scientists. There has been a wide variety of activities ranging from barbecue parties to workshops and excursions. In our special times, I carry the request to you, to keep up the momentum so that we can resume full speed in the post-Corona period.

Also at this annual meeting there will be a YAMM (Young Academics Meet Mentors) Lunch, this time organized by J. Weimann (Aachen) and T. Kaiser (Dortmund). After the success of the last meetings, this is the fourth time that young academics will have the opportunity to ask questions about career opportunities to experienced scientists.

I would like to thank our juniors and the GAMM student chapters for their great efforts.

In order to give even more weight to the promotion of young researchers in GAMM, we have created an additional position on the GAMM-Executive Board for this purpose.

In my view, today more than ever, the sciences have a responsibility to society as a whole to advise other institutions adequately by means of knowledge-based findings. Interdisciplinary work and a lively exchange with other scientists is a must for this. This framework can be provided by GAMM in an excellent way and is an inherent advantage of our organization. This brings me to my next point, the internal representation of GAMM. In our GAMM activity groups ("Fachausschüsse"), excellent scientists have come together to address current research-relevant topics. In addition, the activities of GAMM student chapters are characterized by the fact that they take up future-relevant topics of our society at their universities.

Here we have considered to bring these activities more into the light of the GAMM public. It is planned, starting with the next GAMM annual meeting, to give these groups time in the general assembly to strengthen a broader exchange and discussion.

Furthermore, we have redesigned the GAMM website. It now appears in a modern and appealing layout. The website will be launched after the annual meeting and we are looking forward to your suggestions. Further details will be presented at the general meeting on Wednesday.

My call to you: Become a member of GAMM and help us to further develop our organization.

About 100 years ago Richard von Mises founded the „Zeitschrift für Mathematik und Mechanik“ (ZAMM) and together with Ludwig Prandtl the „Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik“ (GAMM). Richard von Mises' mission statement of breaking down the boundaries between pure mathematics and the application of mathematical theories, especially in the engineering sciences, was and is of great importance for our scientific discipline. For

the 100th anniversary of ZAMM, the opportunity was taken to place a series of selected publications, which consider the developments since the initiation of the journal. The first paper in this series highlights the beginning of ZAMM:

“The joy that engineers and mathematicians  
have come together.

Richard von Mises’ foundation of ZAMM,  
and its Tasks and Goals (1920/21)”

by Reinhard Siegmund-Schultze (Kristiansand, Norway).

I highly recommend this article to you.

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 impressive list of awardees can be found on the GAMM webpage. The members of the actual prize committee are our colleagues B. Jacobs (Wuppertal), M. Oberlack (Darmstadt), R. Lammering (Hamburg), C. Wieners (Karlsruhe) and myself qua officia as the current president. This year we had the hard work to pick the best among eight very good nominations. In 2020 and 2021 we have all over all four prize winners.

In 2020 the prize winners are:

Dr. Elisa Davoli from Vienna in recognition of her outstanding work “on calculus of variations and nonlinear partial differential equations and their application to complex problem in materials science”,

Dr.-Ing. Fadi Aldakheel from Hannover for his outstanding contributions “on damage modeling using innovative phase field approaches within the method of virtual elements”.

In 2021 the prizes go to:

Dr.-Ing. Silvia Budday from Erlangen in recognition of her outstanding contributions “on continuum-biomechanical modeling of the ultra-soft material class of brain tissue”,

Dr. Thomas Berger from Paderborn for his outstanding contributions “on adaptive control of nonlinear and infinite-dimensional systems and its application to problems from, inter alia, multibody dynamics”.

Due to the cancellation of last year’s annual conference we now have the following dates for the presentations of our Richard von Mises award winners:

This afternoon (Monday 15.3.2021)

15:30 Mrs. Elisa Davoli (2020, Mathematics)

16:00 Mrs. Silvia Budday (2021, Mechanics)

Wednesday 17.3.2021

10:30 Mr. Fadi Aldakheel (2020, Mechanics)

11:00 Mr. Thomas Berger (2021, Mathematics)

I also would like to take the opportunity to announce the winners of the Dr. Klaus-Körper Prize. The committee consists of A. Walther (Paderborn), S. Leyendecker (Erlangen), S. Hartmann (Clausthal) and R. Seifried (Hamburg). In recognition of their outstanding dissertations in 2020 the awards go to

Dr.-Ing. Julian Heß, thesis “A consistent debris flow model with intergranular friction and dynamic pore-fluid pressure”,

Dr.-Ing. Julian Kochmann, thesis “Efficient FE- and FFT-based two-scale methods for micro-heterogeneous media”,

Dr. rer. nat. Philip Saltenberger, thesis “On different con-



cepts for the linearization of matrix polynomials and canonical decompositions of structured matrices with respect to indefinite sesquilinear forms”,

Dr. rer. nat. Dominik Stöger, thesis “Bilinear Compressed Sensing”.

The prize winners in 2021 are:

Dr.-Ing. Margarita Chasapi, thesis “Nonlinear Formulations and Coupling of Patches for Isogeometric Analysis of Solids in Boundary Representation”,

Dr. Roland Maier, thesis “Computational Multiscale Methods in Unstructured Heterogeneous Media”,

Dr.-Ing. Dmytro Pivovarov, thesis “Fuzzy-stochastic computational homogenization of materials with polymorphic geometrical uncertainties”,

Dr. Céline Torres, thesis “Analysis of Helmholtz Problems in Heterogeneous and Lossy Media”.

My heartfelt congratulations go to all the prize winners.

Furthermore, there was a call from the German Science Foundation (DFG) regarding the preparations for the review board election (Fachkollegienwahl) in 2023. The special feature of mathematics in DFG is that there is only one review board. In order to cover the entire spectrum of mathematics, we have suggested expanding this DFG- review board to 12 members.

Let me remind all GAMM members that the general assembly of our society will take place on Wednesday, at 11:30 after the second Richard von Mises prize session.

After the opening we will come to the first highlight of the annual GAMM conference, the traditional Ludwig Prandtl Memorial Lecture which is jointly organized by GAMM and the DGLR, the German Society for Aeronautics and Astronautics. DGLR will also present the ring award to Prof. Ann Dowling at this event.

Ladies and gentlemen,

I thank you for your attention and declare the GAMM Online Conference in Kassel open and wish all of us an interesting and exciting event.

Now I hand over the microphone to Detlef Kuhl to give us a few words about the GAMM Annual Meeting.

Jörg Schröder, GAMM President

# BESCHLUSSPROTOKOLL ZUR HAUPTVERSAMMLUNG 2021 DER GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE MATHEMATIK UND MECHANIK E.V.

Die Hauptversammlung der GAMM fand während der Jahrestagung 2021 am Mittwoch, dem 17. März 2021, in der Zeit von 11.30 – 13:00 Uhr, online als Zoom-Meeting statt.

An der Veranstaltung waren bis zu 239 Mitglieder online anwesend. Die Mitgliedschaft der Teilnehmenden in der GAMM wurde einzeln überprüft.

Den Vorsitz der Hauptversammlung hatte der Sekretär der GAMM, Herr Kaliske, inne, der auch das Protokoll führte. Alle Mitglieder wurden satzungsgemäß unter Angabe der Tagesordnung im Januar 2021 schriftlich eingeladen. Neue Punkte wurden auch auf Nachfrage nicht in die Tagesordnung eingefügt.

## Tagesordnung

- 1 Bericht des Präsidenten
- 2 Bericht der Schatzmeisterin
- 3 Bericht der Kassenprüfer
- 4 Entlastung des Vorstands
- 5 Wahlen

### Mitglieder des Vorstandsrats

Prof. T. Ricken, Stuttgart, 1. Amtszeit bis 2021, wieder wählbar

Prof. R. Seifried, Hamburg, 2. Amtszeit bis 2021, nicht wieder wählbar

Prof. R. Herzog, Chemnitz, 1. Amtszeit bis 2021, wieder wählbar

### Kassenprüfer, Wahlkommission

- 6 Änderung und Neufassung der Satzung
- 7 Mitgliedsbeiträge
- 8 Fachausschüsse
- 9 Verschiedenes

## 1. Bericht des Präsidenten

Der Präsident, Herr Schröder, informiert über

- das Ableben von Mitgliedern der Gesellschaft,
- die Vergabe des Richard-von-Mises-Preises und der Dr.-Klaus-Körper-Preise für die Jahre 2020 und 2021,
- die GAMM-Publikationen (GAMM-Rundbrief, GAMM-Mitteilunge, ZAMM),
- die GAMM-Fachausschüsse,

- die GAMM-Junioren für die Jahre 2020 und 2021,
- die Pre-GAMM/das Vorkursprogramm,
- das GAMM Archive for Students,
- die GAMM-Nachwuchsgruppen,
- die Vorbereitung und Planung der zukünftigen GAMM-Jahrestagungen,
- das neue Design der GAMM-Homepage,
- die aktuellen Wahlen,
- die nationalen Sektionen.

## 2. Bericht der Schatzmeisterin

Die Schatzmeisterin, Frau Walther, stellt die Kassenberichte für die Zeiträume vom 01.01.2019 bis 31.12.2019 und vom 01.01.2020 bis 31.12.2020 aufgrund der pandemiebedingt ausgefallenen Jahrestagung 2020 vor. Sie berichtet, dass eine Konsolidierung erreicht und ein Überschuss von ca. 17000 € für 2019 erzielt werden konnte. Für 2020 ist ein Defizit von ca. 6000 € aufgrund der Finanzierung der neugestalteten Homepage zu bilanzieren. Anfragen wurden nicht gestellt.

## 3. Bericht der Kassenprüfer

Herr Beitelschmidt stellt als Kassenprüfer das Ergebnis der Überprüfungen vor. Die Prüfung hatte ergeben, dass alle vorgelegten Unterlagen vollständig waren und sich keine sachlichen Beanstandungen ergaben. Empfehlungen wurden nicht ausgesprochen.

## 4. Diskussion/Entlastung des Vorstands

Herr Balzani stellt den Antrag auf Entlastung des gesamten Vorstands. Dem Antrag wird mit 196 positiven Stimmen und 17 Enthaltungen zugestimmt.

## 5. Neuwahlen

Der Sekretär, Herr Kaliske, stellt die für den Vorstandsrat zur Wahl stehenden Kandidaten vor. An der elektronischen Wahl haben 375 Personen teilgenommen. Die geheime Abstimmung (ausschließlich elektronische Wahl, die Möglichkeit zur Briefwahl wurde nicht wahrgenommen) führt auf folgendes Ergebnis:

**Mitglieder des Vorstandsrats**

Prof. T. Ricken, Stuttgart, 1. Amtszeit bis 2021, wieder wählbar  
 Prof. R. Seifried, Hamburg, 2. Amtszeit bis 2021, nicht wieder wählbar  
 Prof. R. Herzog, Chemnitz, 1. Amtszeit bis 2021, wieder wählbar

**Wahlergebnis**

**Mitglieder des Vorstandsrats**

Festkörpermechanik		
Prof. T. Ricken	336 Stimmen	(39 Enth.)
Dynamik, Regelungstheorie		
Prof. H. Hetzler	328 Stimmen	(47 Enth.)
Mathematik		
Prof. R. Herzog	354 Stimmen	(21 Enth.)

Die jeweilige Amtszeit beginnt am 1. Januar 2022 und endet am 31. Dezember 2024.

Der Sekretär beglückwünscht die gewählten Kandidaten und dankt für das Engagement in der GAMM. Besonderer Dank wird Herrn Seifried ausgesprochen, der nach der zweiten Amtszeit aus dem Vorstandsrat ausscheiden wird.

Die Herren Beitelschmidt und Neukamm werden als Kassenprüfer für ein weiteres Jahr mit 204 positiven Stimmen und 4 Enthaltungen gewählt.

**6. Änderung und Neufassung der Satzung**

Herr Kaliske stellt alle zu ändernden Passagen der Satzung vor. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um Modifikationen im Hinblick auf eine durchgängig gendergerechte Sprache, die Einführung eines neuen Vorstandsressorts „wissenschaftlicher Nachwuchs“ und formale administrative Änderungen. Diskussionsbedarf besteht nicht. Die Satzungsänderung wird mit 176 positiven Stimmen, 14 Enthaltungen und 2 Gegenstimmen beschlossen.

**7. Mitgliedsbeiträge**

Zu diesem TOP gibt es aus Sicht des Vorstandsrats keinen Änderungsbedarf. Wortmeldungen gibt es ebenfalls nicht.

**8. Fachausschüsse**

Der Vizesekretär, Herr Müller, berichtet über die Evaluierung der Fachausschüsse

- Computational Science and Engineering (Hesch, Siegen), 2019
- Uncertainty Quantification (Schillings, Mannheim), 2019
- Mathematische Signal- und Bildverarbeitung (Kutyniok, München), 2019
- Analysis partieller Differentialgleichungen (Knees, Kassel), 2020
- Angewandte und Numerische Lineare Algebra (Liesen, Berlin), 2020
- Data-driven Modeling and numerical Simulation of Microstructured Materials (Fritzen, Stuttgart), 2020
- Phasensfeldmodellierung (De Lorenzis, Zürich), 2020

Ergänzungen oder Anfragen zu dem Bericht liegen nicht vor.

**9. Verschiedenes**

Es liegen keine Wortmeldungen vor. Der Sekretär, Herr Kaliske, bedankt sich für die Teilnahme an der Mitgliederversammlung.

Die nächste Hauptversammlung findet voraussichtlich am 17. August 2022 in Aachen statt.

Jörg Schröder	Michael Kaliske
Präsident	Sekretär
Essen, 25.06.2021	Dresden, 25.06.2021

# BERICHT DES PRÄSIDENTEN AN DIE MITGLIEDER DER GAMM AUF DER MITGLIEDERVERSAMMLUNG AM 17. MÄRZ 2021

Liebe GAMM Mitglieder, liebe Kolleginnen und Kollegen, sehr geehrte Damen und Herren,

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

## Verstorbene Mitglieder

Meine sehr verehrten Damen und Herren, es ist mir eine schmerzliche und traurige Pflicht Ihnen mitzuteilen, dass seit dem letzten Jahrestreffen 20 Kolleginnen und Kollegen verstorben sind. Es handelt sich dabei um folgende Mitglieder:

- Prof. Dr. Reinhard Mennicken, Regensburg
- Dr. Ernst Schwarz, Königswinter-Berghausen
- Prof. Dr. Hans Wilhelm Knobloch, Würzburg
- Prof. Dr. Bruno Eckhardt, Marburg
- Prof. Dr. Herbert Gajewski, Berlin
- Prof. Dr. Hans Buggisch, Malsch
- Prof. Dr. Cvetko Crnojevic, Belgrad
- Prof. Dr. Yuriy Alekseevich Rossikhin, Voronezh, Russland
- Prof. Dr. Manfred Hiller, Duisburg
- Prof. Dr.-Ing. Oskar Mahrenholtz, Hamburg
- Prof. Dr.-Ing. Gabriela Atanasiu, Iasi, Rumänien
- Prof. Dr. Boro Döring, Düsseldorf
- Prof. Dr. Adrian Carabineanu, Bukarest, Rumänien
- Prof. Dr.-Ing. Gustav E. Rosemeier, Hannover
- Prof. Dr. Witold Gutkowski, Warschau, Polen
- Prof. Dr.-Ing. Jerzy Osinski, Warschau, Polen
- Prof. Dr. Klaus Böhmer, Marburg
- Prof. Dr. Martin Barner, Königfeld im Schwarzwald
- Prof. Dr. Hans Obrecht, Bochum
- Dr. Werner Hofschuster, Wuppertal

Ich bitte Sie, unserer verstorbenen Mitglieder in einem Moment der stillen Anteilnahme zu gedenken. Ich danke Ihnen sehr. Wir werden den Verstorbenen ein ehrendes Gedenken bewahren.

## Zur Jahrestagung

Zunächst möchte ich mich im Namen der GAMM bei den örtlichen Tagungsleitern, unseren Kollegen aus Kassel Detlef Kuhl, Andreas Meister, Andreas Ricoeur und Olaf Wünsch bedanken, die uns mit ihrem Team hier in Kassel mit großem Einsatz eine sehr gut organisierte virtuelle GAMM-Jahrestagung bieten. Besonders hervorheben möchte ich dabei Stefan Descher, Kevin Watzl, das Technik-TEAM und alle im Hintergrund wirkenden Mitarbeiter, deren unermüdlicher Einsatz maßgeblichen Anteil an dem reibungslosen Verlauf der Jahrestagung hat. Auch möchte ich Ihnen und den Vortragenden für die sehr gelungenen Public Lectures gratulieren:

Herrn Dr. Hoß für die Einsichten zu den Wasserkünsten der Wilhelmshöhe, die insbesondere unter Ermangelung einer persönlichen Besichtigungsmöglichkeit einen Eindruck der kulturellen Highlights in Kassel vermittelt haben. Herrn Prof. Mappes für die spannenden Entwicklungen der wissenschaftlichen Mikroskopie zwischen 1820 und 1920, die sich stellenweise wie ein Wissenschafts- und Industriethriller darstellte.

Allen einen ganz herzlichen Dank!

## 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. Der Richard-von-Mises Preis ist mit insgesamt 2.000 € und einer zweijährigen kostenlosen Mitgliedschaft in der GAMM dotiert. Es lagen erneut 7 sehr gute Nominierungen vor. Das Preiskomitee bestehend aus unserer Kollegin Jacob (Wuppertal) und den Kollegen Oberlack (Darmstadt), Lammering (Hamburg) und Wieners (Karlsruhe) hat unter meiner Leitung getagt und als diesjährige Preisträger

Frau Dr.-Ing. Silvia Budday von der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg und

Herrn Dr. Thomas Berger von der Universität Paderborn ausgewählt. Ich hoffe, dass Sie alle die Gelegenheit genutzt haben und die interessanten Vorträge der beiden diesjährigen Preisträger sowie der beiden Preisträger von letztem Jahr

Frau Dr. Elisa Davoli von der Universität Wien und Herrn Dr.-Ing. Fadi Aldakheel von der Leibniz Universität Hannover vor der Mitgliederversammlung sowie am Montag genießen konnten.

## 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 auf den Gebieten der Angewandten Mathematik und Mechanik. Hier gab es in diesem Jahr 10 Vorschläge. Zu allen Vorschlägen werden je zwei fragebogengestützte Gutachten eingeholt. Basierend auf den Auswertungen erfolgt dann die Reihung der Vorschläge.

Die Preisträger in diesem Jahr sind

Frau Dr.-Ing. Margarita Chasapi, Herr Dr. Roland Maier, Herr Dr.-Ing. Dmytro Pivovarov und Frau Dr. Céline Torres.

Die Gewinner von letztem Jahr sind

Herr Dr.-Ing. Julian Heß, Herr Dr.-Ing. Julian Kochmann, Herr Dr. rer. nat. Philip Saltenberger und Herr Dr. rer. nat. Dominik Stöger.

### GAMM-Publikationen

Der GAMM-Rundbrief lag weiterhin in den bewährten Händen der Kollegen Klawonn und Balzani. Im Namen der GAMM geht unser herzlicher Dank an euch für euer unermüdliches Engagement des attraktiv gestalteten und sehr gut angenommenen Rundbriefs. Betonen möchte ich an dieser Stelle, dass die Darstellung der Aktivitäten der GAMM Nachwuchsgruppen neu aufgenommen wurde. Zudem unterstelle ich, dass sich die Herausgeber des GAMM Rundbriefs über weitere Anregungen zur Gestaltung des Heftes und über die Einsendung von Beiträgen freuen würden.

Die ZAMM, PAMM und die GAMM-Mitteilungen erscheinen, wie Sie bereits wissen, nur noch online. Allen Editors-in-Chiefs und dem gesamten Editorial Board danke ich ganz herzlich für ihren Einsatz.

Die GAMM-Mitteilungen unter Leitung von Andreas Menzel erscheinen 4-mal jährlich.

Das 100-jährige Jubiläum der ZAMM hat Holm Altenbach (EIC) zum Anlass genommen, eine Reihe ausgewählter Publikationen zu platzieren, die die Entwicklungen seit der Initiierung der Zeitschrift betrachten.

Bzgl. der PAMM sind wir seit ein paar Wochen in Verhandlungen mit Vertretern des Wissenschaftsverlags Wiley, um neue Vertragskonditionen auszuhandeln. Dies bezieht sich insbesondere auf das DEAL Abkommen, welches federführend von der Allianz der Wissenschaftsorganisationen begleitet wird.

Die GAMM-Junioren haben das online-Journal GAMMAS, GAMM Archive for Students, an den Start gebracht. Die ersten Artikel sind inzwischen online. Weitere Einreichungen guter Abschlussarbeiten sind willkommen, um das Journal weiter mit Leben zu füllen.

Bitte unterstützen Sie unsere Publikationen weiterhin aktiv mit Ihren wissenschaftlichen Beiträgen, um sie auf einem hohen Niveau zu halten bzw. weiter zu steigern. Dies liegt in unserer Hand.

### Fachausschüsse

Aktuell haben wir 17 aktive Fachausschüsse. Dieses Jahr stehen 7 Fachausschüsse (3 aus 2020 und 4 aus 2021) zur Evaluierung an. Dies betraf die Fachausschüsse

„Computational Science and Engineering (CSE)“ unter der Leitung von Prof. Christian Hesch aus Stuttgart,

„Uncertainty Quantification“ unter der Leitung von Prof. Claudia Schillings aus Mannheim,

„Mathematische Signal- und Bildverarbeitung“ unter der Leitung von Prof. Gitta Kutyniok aus München aus dem Jahr 2019 ,

„Analysis partieller Differentialgleichungen“ unter der Leitung von Prof. Dorothee Knees aus Kassel,

„Angewandte und Numerische Lineare Algebra (ANLA)“ unter der Leitung von Prof. Jörg Liesen aus Berlin,

„Data-driven modeling and numerical simulation of micro-structured materials (AG Data)“ unter der Leitung von Prof. Felix Fritzen aus Stuttgart und Prof. Benjamin Klusemann aus Lüneburg

sowie den Fachausschuss „Phasenfeldmodellierung“ unter der Leitung von Prof. Laura De Lorenzis aus Braunschweig aus letztem Jahr.

Auf Basis der vorgelegten Evaluationsberichte wurden die beantragten Verlängerungen für die Fachausschüsse vom Vorstandsrat empfohlen.

Zu diesem Thema wird unser Vizesekretär Ralf Müller später noch ausführlich berichten.

### GAMM-Juniors

Die GAMM-Junioren haben wir 2012 eingeführt. Dies ist eine wirkliche Erfolgsgeschichte. Die GAMM-Junioren haben sich als wichtiger Teil unserer Organisation etabliert. So wurde in diesem Jahr zum ersten Mal eine Pre-GAMM-Veranstaltung organisiert. Ziel war die inhaltliche Einführung von jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern auf die Hauptvorträge unserer 91. Jahrestagung. Außerdem wurde ein Soft-Skill-Seminar „how to conference“ für Erstteilnehmer und Doktoranden in frühen Karrierestufen veranstaltet. Dem Feedback nach zu urteilen, war diese Veranstaltung ein großer Erfolg mit guter Beteiligung.

Das wissenschaftliche Potential unseres Nachwuchses konnte man zudem eindrucksvoll während der Poster Sessions bestaunen.

Ferner wurde eine GAMM Junior „Summerschool on Applied Mathematics and Mechanics (SAMM)“, organisiert von Carmen Gräßle und Petar Mlinari , zu

„Learning Models from Data: Model Reduction, System Identification and Machine Learning“ ausgerichtet. Direkt im Anschluss an die Mitgliederversammlung findet nun bereits das vierte Mal ein Young Researchers Meet Mentors (YAMM) lunch“ statt.

### GAMM-Nachwuchsgruppen

Aktuell gibt es 8 Nachwuchsgruppen. Mittels der GAMM-Nachwuchsgruppen möchten wir Masterstudierende und Promovierende an die GAMM binden. Die Grundidee ist das Bilden einer dauerhaften Plattform an den einzelnen Standorten, durch die die Mitglieder der Nachwuchsgruppe in ihren Forschungsvorhaben unterstützt werden und durch die Kontakte zu anderen jungen Forscherinnen und Forschern sowie Ehemaligen initiiert werden. Die Nachwuchsgruppen aus

Augsburg, Berlin, Chemnitz, Dortmund, Hamburg und Ulm haben sich im Rundbrief 2/2019 vorgestellt. Ich mache es kurz: Bitte weiter so!

### Zukunftsfragen

Der Zukunftsausschuss der GAMM hat erneut unter Leitung unserer Vizepräsidentin Prof. Dr. Heike Faßbender getagt. Auf dem letzten Treffen wurden mehrere konstruktive Vorschläge zur Weiterentwicklung unserer Gesellschaft diskutiert, unter anderem

- Ausrichtungen von Diskussionsrunden zu relevanten Forschungsthemen unabhängig von der GAMM Jahrestagung,
- Erhöhung der Sichtbarkeit unserer GAMM Fachausschüsse,
- Auslobung eines Preisgeldes für die beste Veröffentlichung in GAMMAS,
- Einsatz von Social Media Elementen (Twitter wird von der Geschäftsstelle der GAMM initiiert),
- Eine stärkere Mischung von Mathematik und Mechanik in den Sektionen, etc.

Ich danke Ihnen für diese Anregungen, von denen einige bereits umgesetzt wurden bzw. sich in der Umsetzung befinden.

### Nächste Jahrestagungen

Im kommenden Jahr wird die Jahrestagung der GAMM vom 15.-19. August 2022 in Aachen stattfinden. Diese Tagung steht unter der Leitung unserer Kollegin Prof. Dr. Stefanie Reese und von unserem Kollegen Prof. Dr. Bernd Markert. Der Programmausschuss hat Dienstagvormittag getagt und ein vielfältiges Programm zusammengestellt. Ich hoffe, dass alle Einladungen, die nun zu Hauptvorträgen, Minisymposien und Sektionsleitungen ausgesprochen werden, angenommen werden, so dass wir in Aachen erneut eine anregende Jahrestagung mit interessanten Vorträgen erleben werden. Im Programmausschuss ist uns aufgefallen, dass von den 10 eingereichten Anträgen zu Einrichtung von „Young Researcher MS“ (YRM) der überwiegende Anteil aus der Mathematik kam. Hier würden wir uns ein stärkeres Engagement aus der Mechanik wünschen.

Seitens der GAMM wurden für die folgenden Jahre weitere Einladungen angenommen:

- 2023: Dresden zur 100-Jahr-Feier der GAMM, Tagungsleitung Kaliske/Voigt/Fröhlich
- 2024: Magdeburg, Tagungsleitung Altenbach/Benner
- 2025: Posen, Tagungsleitung Kuczma/Sumelka

An dieser Stelle möchte ich wie in den beiden letzten Jahren betonen, dass nicht die GAMM die Jahrestagungen veranstaltet. Das komplette, insbesondere finanzielle, Risiko trägt das lokale Organisationsteam. Den Kollegen und Kolleginnen, die diese Aufgabe übernehmen, kann nicht genug im Namen der GAMM gedankt werden.

### Mitgliederbewegungen

Ende Februar hatte die GAMM 1361 beitragszahlende Mitglieder, davon 128 Mitglieder, die über ein Reziprozitätsabkommen einen ermäßigten Beitrag zahlen und 827 „Vollzahler“. Zudem gibt es 114 Mitglieder, die z.B. weil sie unter 32 Jahren alt oder emeritiert sind oder als Studierende immatrikuliert sind, einen ermäßigten Beitrag zahlen. Außerdem gibt es aktuell 11 universitäre Einrichtungen die Mitglieder sind sowie ein korporatives Mitglied.

Es gab 92 Eintritte bei 254 (größtenteils Kündigungen von Seite der GAMM) Austritten, wobei hier die Todesfälle

schon mitberücksichtigt sind. Die recht hohe Zahl an Austritten erklärt sich durch das von unserer neuen Schatzmeisterin konsequent verfolgte Mahnen ausstehender Mitgliedsbeiträge und der Umsetzung der Beschlüsse zu den diversen Kategorien an Mitgliedschaften, die bei den meisten Mitgliedern zu einer Erhöhung des Mitgliedsbeitrags geführt haben.

Konkret gab es mit Stand 26. Februar 2021

Persönliche GAMM-Mitglieder	827
Studenten	5
Temporär beitragsfreie Mitglieder (Junioren, Preisträger, Student Chapter)	261
Ermäßigt unter 32 Jahre	66
Emeritierte Mitglieder	43
Universitäre Einrichtungen	11
Korporative Mitglieder	1
Reziproke Mitglieder	128
Lebenslange Mitgliedschaft (seit Feb. 2019 verdreifacht)	19
Gesamtanzahl GAMM-Mitglieder	1361

Erfreulicherweise hat die Einführung einer lebenslangen Mitgliedschaft erneut positive Resonanz gefunden, so hat sich die Zahl der Mitglieder in dieser Kategorie seit dem letzten Jahr verdreifacht. Eine lebenslange Mitgliedschaft kann jedes Mitglied bei Eintritt in den Ruhestand durch Zahlung von einmalig der Summe von vier Jahresbeiträgen erwerben, weitere Zahlungen sind nicht erforderlich.

Die Mitgliedskategorien „Korporatives Mitglied“ und „Universitäres Mitglied“ möchte ich noch einmal kurz erläutern. Eine korporative Mitgliedschaft kostet 500 € im Jahr und beinhaltet neben dem kostenlosen Bezug des GAMM-Rundbriefes, dem kostenlosen Zugang zur PAMM und dem Stimmrecht in der Hauptversammlung durch einen Delegierten insbesondere, dass sich bis zu sieben Personen zum Tagungsbeitrag für GAMM-Mitglieder zur GAMM-Jahrestagung anmelden können. Eine universitäre Mitgliedschaft kostet 55 € im Jahr und beinhaltet den kostenlosen Bezug des GAMM-Rundbriefes und den kostenlosen Zugang zur PAMM.

An dieser Stelle möchte ich abschließend auf die aus meiner Sicht deutlich zu geringe Zahl von 66 Mitgliedern, die den ermäßigten Beitrag für Mitglieder mit einem Alter unter 32 Jahren zahlen, hinweisen.

### 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.

### Neues Design der GAMM Homepage

Die GAMM Homepage hat nun ein neues, frisches Layout bekommen. Bitte stöbern Sie durch die Seiten <https://www.gamm-ev.de> und geben Sie uns Hinweise zur

Aktualisierung und Erweiterung der Homepage. An dieser Stelle möchte ich insbesondere Herrn Kollegen Tim Ricken, Frau Doreen Göhlert von der Geschäftsstelle der GAMM sowie der Firma emmablossom für die angenehme und konstruktive Zusammenarbeit bei der Erstellung unseres neuen Internetauftritts danken.

### Wahlen 2020/21

Dieses Jahr wurde die Wahl, die in der Zeit vom 10. Februar bis zum 09. März möglich war, rein elektronisch durchgeführt, von der Möglichkeit der Briefwahl wurde kein Gebrauch gemacht.

Die dreijährige Amtszeit einiger Mitglieder des Vorstandsrats läuft Ende dieses Jahres ab. Ein ganz besonderer Dank geht an unser Vorstandsratsmitglied

Robert Seifried, der nach 6 Jahren aus seinem Amt ausscheiden muss. Für die Nachfolge steht Herr Hartmut Hetzler von der Universität Kassel zur Wahl.

Unseren Vorstandsmitgliedern

Herrn Tim Ricken von der Universität Stuttgart und

Herrn Roland Herzog von der Technischen Universität Chemnitz

möchte ich an dieser Stelle sehr herzlich für ihre bisherige konstruktive Mitarbeit sowie ihre Bereitschaft zur erneuten Kandidatur danken.

### Nationale Sektionen der GAMM

In Polen hat sich eine neue aktive nationale Sektion gebildet, die vom Kollegen Prof. Dr. M. Kuczma geleitet wird. Wie bereits berichtet, wird Herr Kollege Kuczma mit seinen polnischen Kollegen die GAMM 2025 in Posen ausrichten. Sehr geehrter Herr Kollege Kuczma, lieber Mietek, für dein unermüdliches Engagement bedanken wir uns herzlich.

In Deutschland vertritt das Deutsche Komitee für Mechanik (DEKOMECH) als organisatorische Untereinheit der deutschen Sektion der GAMM die Interessen der auf dem Gebiet der Mechanik in Deutschland tätigen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in allen organisatorischen und wissenschaftlichen Angelegenheiten, sofern diese Vertretung nicht bereits durch die GAMM wahrgenommen wird. Die DEKOMECH wird gleich im Anschluss eine Vollversammlung durchführen.

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

Jörg Schröder, GAMM-Präsident

## LINKS ZU FACHAUSSCHÜSSEN UND WEITEREN ORGANISATIONEN

### GAMM

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

### Tagungsjahr 2021/2022

### 92. GAMM Jahrestagung in Aachen 15.-19. August 2022

<https://jahrestagung.gamm-ev.de/>

### Angewandte Operatortheorie

[www.gamm-ot.uni-wuppertal.de/](http://www.gamm-ot.uni-wuppertal.de/)

### Stochastische Optimierung in der Technik

[gamm-sc.mathematik.uni-karlsruhe.de/index.html](http://gamm-sc.mathematik.uni-karlsruhe.de/index.html)

### Dynamik und Regelungstheorie

[www.ifatwww.et.uni-magdeburg.de/syst/GAMMFA/gammfa.shtml](http://www.ifatwww.et.uni-magdeburg.de/syst/GAMMFA/gammfa.shtml)

### Analysis von Mikrostrukturen

[www.iam.uni-bonn.de/aaa2/gamm-fa/](http://www.iam.uni-bonn.de/aaa2/gamm-fa/)

### Optimierung mit partiellen Differentialgleichungen

[www.gamm.optpde.net](http://www.gamm.optpde.net)

### Computational Science and Engineering (CSE)

[www.uni-stuttgart.de/gamm/fa-cse](http://www.uni-stuttgart.de/gamm/fa-cse)

### Mathematische Signal- und Bildverarbeitung

[www3.math.tu-berlin.de/numerik/GAMM-MSIP/](http://www3.math.tu-berlin.de/numerik/GAMM-MSIP/)

### Uncertainty Quantification

[www.tu-chemnitz.de/gamm-uq](http://www.tu-chemnitz.de/gamm-uq)

### Angewandte und Numerische Lineare Algebra

<https://gammanla.wordpress.com/>

### Phasenmodellierung

[www.mv.uni-kl.de/lm/forschung/GAMM-FA\\_PFM](http://www.mv.uni-kl.de/lm/forschung/GAMM-FA_PFM)

### Analysis partieller Differentialgleichungen

[www.uni-regensburg.de/mathematics/partial-differential-equations/index.html](http://www.uni-regensburg.de/mathematics/partial-differential-equations/index.html)

### Data-driven Modeling and Numerical Simulation for Microstructured Materials

[www.mechbau.uni-stuttgart.de/EMMA/ag-data](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/>

### Numerische Analysis

[https://www.igpm.rwth-aachen.de/gamm\\_numerical\\_analysis](https://www.igpm.rwth-aachen.de/gamm_numerical_analysis)

### Computational Biomechanics

### Computational and Mathematical Methods in Data Science

<https://www.tu-chemnitz.de/mathematik/wire/cominds>

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

### IUTAM

International Union of Theoretical and Applied Mechanics, [www.iutam.net](http://www.iutam.net)

### ECCOMAS

European Community on Computational Methods in Applied Sciences, [www.cimne.com/eccomas](http://www.cimne.com/eccomas)

### EUROMECH

European Mechanics Society  
[www.euromech.org](http://www.euromech.org)

### EMS

European Mathematical Society  
[www.euro-math-soc.eu/](http://www.euro-math-soc.eu/)

### MFO

Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach  
[www.mfo.de](http://www.mfo.de)

### CISM

International Centre for Mechanical Sciences  
[www.cism.it](http://www.cism.it)

*Interessante wissenschaftliche Veranstaltungen können Sie auf den Links der einzelnen Organisationen einsehen.*

Liebe Kolleg\*innen,

seit Kurzem ist Deutschland dank der Unterstützung durch das BMBF Mitglied(land) bei CIMPA (Centre International de Mathématiques Pures et Appliquées, <https://www.cimpa.info/>), eine von der UNESCO anerkannte nichtkommerzielle Organisation mit Sitz in Nizza.

CIMPA fördert die Kooperation mit Entwicklungsländern in allen Gebieten der Mathematik auf dem Niveau der universitären akademischen Bildung und der Verbreitung neuer Entwicklungen. Dazu werden derzeit folgende Formate angeboten:

- CIMPA Schools zum Aufbau mathematischer Expertise vor Ort, die in Kooperation mit lokalen Partnern organisiert werden. Die finanzielle Unterstützung durch CIMPA ermöglicht die Teilnahme von Studierenden, Doktorand\*innen und Postdoktorand\*innen vor Ort und auch aus dem weiteren Umkreis.
- CIMPA Courses auf Forschungsniveau vor Ort, die ebenfalls in Kooperation mit lokalen Partnern organisiert werden. Die Kosten für die Vortragenden werden dabei von CIMPA finanziell unterstützt.
- CIMPA Fellowships, die einzelnen Mathematiker\*innen einen Gastaufenthalt an einer renommierten wissenschaftlichen Institution finanziell ermöglichen.

Die Förderung durch CIMPA erfolgt auf Antrag der Institutionen im jeweiligen Entwicklungsland. Ein kompetitives Auswahlverfahren sowie das Erfordernis einer Beifinanzierung von mindestens 50% der benötigten Finanzmittel aus anderen Quellen sichern die wissenschaftliche Qualität dieser Maßnahmen. Dazu sammelt das Steering Council jährlich Vorschläge und wählt unter Berücksichtigung der Empfehlungen des Scientific Councils die besten zur Förderung aus. Letzterem gehört aus Deutschland Volker Bach (TU Braunschweig) aktuell an.

Neben vielen individuellen Mitgliedern gehören CIMPA 31 institutionelle Mitglieder an, wie die jeweils einschlägigen nationalen und internationalen Fachgesellschaften für Mathematik. Aus Deutschland sind dies schon seit mehreren Jahren die DMV und die GAMM; auf übernationaler Ebene die EMS (European Mathematical Society) und die IMU (International Mathematical Union) und weiterhin mehrere Akademien, Forschungsinstitute und Entwicklungshilfekommissionen.

Außer individuellen und institutionellen Mitgliedern können auch Staaten Mitglied bei CIMPA und damit ein Member State werden. Neben Frankreich, Norwegen, der Schweiz und Spanien ist, wie oben erwähnt, seit Kurzem auch Deutschland ein solcher Member State. Damit sind nun DMV, GAMM und DESY (als Projektträger des BMBF) Mitglied des Steering Council, die dorthin entsandten Vertreter sind Ilka Agricola (U Marburg für die DMV), Andreas Frommer (BU Wuppertal für die GAMM) und Marc Hempel (DESY PT).

Schon in den vergangenen Jahren haben sich viele deutsche Kolleg\*innen bei CIMPA-Aktivitäten engagiert. Durch die deutsche Mitgliedschaft ist dies noch einfacher und mit größerem Gestaltungsspielraum möglich. Die Arbeit von und mit CIMPA bringt für Beteiligte aus Deutschland insbesondere folgende Vorteile mit sich:

(a) CIMPA leistet konkrete Unterstützung von unterentwickelten Ländern im Bereich der akademischen Bildung.  
(b) CIMPA ergänzt vorhandene Aktivitäten (z.B. mit den AIMS-Zentren) auf der Ebene der Förderung von Nachwuchswissenschaftler\*innen und Kooperationen, die "vor" einem möglichen Antrag auf eine DFG-Sachbeihilfe stehen.

(c) CIMPA bietet ein hervorragend ausgebautes Netzwerk zur Bewerbung und Durchführung von Veranstaltungen, Schools, Training usw. und zur Gewinnung von Kooperationspartner\*innen.

(d) CIMPA ist eine sehr effiziente Organisation, knapp 3/4 der Gesamtmittel fließen in die Projektförderung.

(e) CIMPA hat eine große Reichweite – auch durch die professionelle Präsenz in den sozialen Medien.

(f) CIMPA erhöht die Sichtbarkeit Deutschlands als Forschungsstandort in den Entwicklungsländern signifikant.

Mit einem Vorlauf von etwa zwei Jahren können Sie und Ihr Projektpartner z.B. eine CIMPA-School beantragen oder einen CIMPA-Course organisieren – die aktuellen Calls finden Sie auf der CIMPA-Homepage (<https://www.cimpa.info/>). Die Frist für Bewerbungen für CIMPA-Schools 2023 ist z.B. der 10. Oktober 2021.

Auch die DFG-Geschäftsstelle steht für Beratung zur Verfügung, in welcher Weise DFG-Mittel zur Finanzierung von Reisen zu CIMPA-Aktivitäten beantragt bzw. eingesetzt werden können, wenngleich es keine direkte Unterstützung der DFG für CIMPA-Aktivitäten gibt.

## NACHRUF PROF. DR.-ING. HABIL. VOLKER ULBRICHT (1949 – 2021)

VON MARKUS KÄSTNER UND THOMAS WALLMERSPERGER

Mit großer Trauer müssen wir Ihnen die Nachricht vom Tod unseres geschätzten Kollegen und langjährigen Mitglieds des Vorstandsrats der GAMM, Prof. Dr.-Ing. habil. Volker Ulbricht, überbringen, der am Freitag, den 9.4.2021 unerwartet verstorben ist. Unsere Gedanken sind bei seinen Angehörigen, denen wir viel Kraft in dieser schweren Zeit wünschen. Wir verlieren mit ihm einen Menschen, der sich mit großem Verstand in Wissenschaft und akademischem Leben engagiert hat. Dabei nahm die GAMM eine wichtige Rolle ein, deren Sekretär er von 1997-2008 war. Während dieser Zeit unterstützte Volker Ulbricht mehrere Präsidenten, sorgte für einen reibungsfreien Ablauf der Vorstandssitzungen, kümmerte sich mit großer Erfahrung, konzentriert auf das Wesentliche und stets auf Ausgleich bedacht um die Belange der GAMM einschließlich der Ausrichtung der Jahrestagung 2004 in Dresden.

Professor Ulbricht war der TU Dresden über 50 Jahre lang eng verbunden – zunächst als Student, dann als Doktorand und seit 1992 als Professor für Kontinuumsmechanik bzw. ab 2004 als Professor für Nichtlineare Festkörpermechanik. Dabei war sein Umgang mit Doktorandinnen und Doktoranden, der sich durch eine intensive Betreuung und persönlichen Kontakt auszeichnete, beispielgebend.

Ein Höhepunkt seiner wissenschaftlichen Karriere war die

Initiierung des ersten DFG-Graduiererkollegs an der TU Dresden. In seiner Tätigkeit als DFG-Fachkollegiat war er als fairer und vermittelnder Experte hochgeschätzt. Von 2003 bis 2009 prägte er als Dekan der Fakultät Maschinenwesen deren Weiterentwicklung und leistete mit Kompetenz und Begeisterung wichtige Vermittlungsarbeit. Überdies war er von 2003 bis 2014 Mitglied des Senats und auch im Fakultätsrat wirkte er von 1997 bis 2014 aktiv mit.

Neben der Forschung hat die Lehre stets einen ganz besonderen Stellenwert in seinem akademischen Wirken eingenommen. Mit Fachwissen und Humor konnte er die Zuhörerschaft für die Mechanik begeistern. Seine didaktischen Fähigkeiten gepaart mit Praxisnähe haben seine große Beliebtheit unter den Studierenden genährt und dienen so machen Kolleginnen und Kollegen als Vorbild.

Volker Ulbricht bestach nicht nur durch seine fachliche Expertise. Es sind insbesondere auch sein Charme und seine Menschlichkeit, die begeisterten und uns nun fehlen werden.

Jörg Schröder, Michael Kaliske, Michael Beitelschmidt, Markus Kästner, Thomas Wallmersperger



Foto: Christian Hüller

## LAUDATIO AUF DEN GASTREDNER ULRICH SCHUMANN BEI DER LUDWIG-PRANDTL-GEDÄCHTNISLESUNG

VON MARTIN OBERLACK

Professor Ulrich Schumann was Director of the Institute of Atmospheric Physics of the German Aerospace Center (DLR) in Oberpfaffenhofen for 30 years from 1982 to 2012, and he is presently emeritus Professor in Faculty of Physics at LMU Munich.

He studied mechanical engineering at TU Berlin between 1964 and 1969 and he received his Diploma in 1969. For his PhD he worked at the Research Center Karlsruhe which he finished in 1973 on numerical simulations of turbulent flows. In 1974/75 he investigated turbulence using direct numerical simulation as an Advanced Study Fellow Post-Doc at the National Center for Atmospheric Research in Boulder, Colorado, USA. In 1978 he habilitated on fluid-structure dynamics at the University Karlsruhe and in 1982 he finished his second habilitation in Theoretical Meteorology at the Faculty of Physics at the University of Munich. Since then Professor Schumann was Director of the Institute of Atmospheric Physics of the German Aerospace Center (DLR) in Oberpfaffenhofen, near Munich. In addition, as a (Apl.) Professor he worked in the Faculty of Mechanical Engineering at University of Karlsruhe from 1984 to 1987, and then in the Faculty of Physics at University of Munich since 1988. Prof. Schumann coordinated many national (DFG, BMBF), European (EU) and transatlantic (US-FAA, NASA) research

projects on atmospheric physics and chemistry. Under the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) he contributed a chapter to the report on Aviation and the Global Atmosphere, and to other IPCC reports, and as such was member of the team that got honored with the Nobel Peace Prize in 2007. In 2010, the Institute explored the volcanic plume from the Eyjafjalla, Iceland. In a team of colleagues, he promoted the new German research aircraft HALO which is operated for scientific missions by DLR since 2012.

Prof. Schumann supervised more than 100 doctoral students and published more than 200 scientific papers. Presently he works with international teams on various aspects of contrail cirrus, and airborne measurements and modeling studies of atmospheric dynamics, and lectures on Meteorology and Climate at the University of Munich. He got awarded, among others (total 14 awards), with the Alfred-Wegener-Medal of the German Meteorological Society in 2001, the Aachen-Munich Prize for Technique and Applied Natural Sciences of the Generali Company in 2005, and the Lewis Frey Richardson Medal of the European Geosciences Union in 2007.



# RICHARD-VON-MISES-PRIZE 2020/2021

## PD DR. ELISA DAVOLI

### *Dear Colleagues,*

it is with great pleasure that I take the opportunity of congratulating Elisa Davoli on the occasion of the awarding of the 2020 Richard von Mises prize of the GAMM.

Elisa Davoli is an outstanding applied mathematician, whose research activity is focusing on variational modeling and mathematical analysis in Mechanics. In spite of her still young academic life, she already gained a prominent stand in the community by contributing new, influential ideas and obtaining fascinating results. Let me point out a few facts from her brilliant career.

After her studies in Computer Engineering and Automation at the Polytechnic University of Ancona she switched to Mathematics obtaining a Master, jointly from the University of Trieste and the International School for Advances Studies, the SISSA. She then moved on to PhD, still at SISSA, under the mentorship of Maria Giovanna Mora. Her interest for the interplay of Analysis and Mechanics dates back then, when she started working on different dimensionreduction theories, both in nonlinearized elasticity and in plasticity. Especially in the latter rate-independent evolutive case, rigorous limiting theories are quite challenging. Elisa Davoli was able to present some striking first results in this direction, which are still a reference today.

Plasticity is a central theme in Elisa Davoli's research. Her remarkable results in this field include, among others, the analysis of Lubarda's model in finite plasticity, the fine stress regularity in perfect linearized plasticity, and the approximation of dynamic plasticity by global minimization on entire trajectories.

From September 2012 to May 2015 she held a postdoctoral research-associate position at the Department of Mathematical Sciences of the Carnegie Mellon University in Pittsburgh. There, she started collaborating with Irene Fonseca and grounded her research line on homogenization. Moving from homogenization with space-dependent differential constraints, her focus is now on the tuneable properties of composites, especially of high-contrast materials. Homogenization is one of the mainstay of Elisa Davoli's activity, as well as the theme of her today's lecture. Of her many results, let me mention the beautiful proof of the emergence of helical structures in micromagnetism, which rigorously settled the prediction by Dyaloshinski.

From 2015 to 2019 Elisa Davoli joined my group at the University of Vienna. During these years, I had the pleasure of witnessing her scientific activity blooming, with an ever increasing breadth of problems tackled and solved and new collaborations started. Among the many fascinating progresses obtained by Elisa Davoli in this period, I point out the description of Wulff-shape emergence in graphene,



the rigorous proof of the Young-Dupre' law for epitaxially strained thin films, her analysis of two-well rigidity, and the series of contributions on nonlocal Cahn-Hilliard models and their localization.

Eventually, this outstanding development brought Elisa Davoli to secure substantial research funding. In 2018 she was awarded an Elise-Richter grant of the Austrian Science Fund, which then funded her own independent position, as well as an international joint project, together with a team of Czech colleagues.

On the basis of this remarkable funding success, in June 2019 Elisa Davoli started her own research group on 'Multiscale Calculus of Variations'. This currently consists of four postdocs and one student and is bound to develop considerably in the coming months. Indeed, 2020 was again a turning year for Elisa Davoli, for she was one of the few recipients of a START prize of the Austrian Science Fund, which is the most prestigious individual grant for young researchers in Austria. The competition is fierce, with success rate much lower than that of the ERC. Later in 2020, she joined the second round of the SFB 'Taming Complexity in Partial Differential System' with her own independent project.

Elisa Davoli's career has been already marked by numerous distinctions. In addition to the grants and the START prize, she has been elected as member in the Young Academy of the Austrian Academy of Sciences, she received performance and teaching awards, as well as distinguished job offers. Among these notable achievements, the Richard von Mises prize is exceptionally significant, for its intrinsic focusing on the interaction of Mathematics and Mechanics, namely her very field of research.

I guess we all have some sort of personal short list of brilliant young colleagues to keep an eye on. These are the youngsters who, we believe, may turn out providing change to the field by introducing new ideas and ultimately setting new standars. Needless to say, I have Elisa Davoli steadily on my personal list. If you allow me, I would advise to have her on your list too.

Dear colleagues, please join me in congratulating Elisa Davoli on her exceptional scientific achievements and, in particular, on receiving the 2020 Richard von Mises prize of the GAMM. I would like to close by wishing her the brightest future in Science.

Univ.-Prof. Ulisse Stefanelli, PhD

# DR.-ING. FADI ALDAKHEEL

## ***Introduction for the Richard von Mises Prize Lecture of Fadi Aldakheel***

Dr.-Ing. Fadi Aldakheel was born on January 1, 1984 in Deirazzor, Syria.

After studying mechanical engineering at the University of Aleppo, Syria, from 2001 to 2006, where he graduated as the best student, he came to Stuttgart in 2009 with a scholarship and enrolled in the master's program "Computational Mechanics of Materials and Structures" (COMMAS). Based on his excellent performance Christian Miehe employed him as a research assistant in his group. Those who knew Christian Miehe know that Fadi Aldakheel must have been an excellent student to get a PhD position with him. He was awarded his doctorate in engineering, summa cum laude, on May 25, 2016, with a dissertation thesis entitled "Mechanics of Nonlocal Dissipative Solids: Gradient Plasticity and Phase Field Modeling of Ductile Fracture."

Mr. Aldakheel's scientific work covers complex issues in continuum mechanics, materials theory, and computational mechanics. These include damage modeling using phase field methods for brittle and ductile fracture. In this area Dr. Aldakheel developed new theoretical formulations and translated these into variational formulations and efficient discretization methods and algorithms. In addition, he developed highly regarded contributions in the areas of gradient plasticity and thermomechanically coupled problems and implemented these models in efficient mixed finite element environments.

In the last two years he has increasingly worked on the application of the virtual element method to the areas of finite thermo-plasticity, damage description by means of phase field models and contact problems within the group of the IKM.

In addition, Dr. Aldakheel has independently developed two new areas and has already published successfully in them. These are on one hand coupled global and local ap-



proaches for the treatment of fracture processes on the basis of phase field methods, his topic in the Richard von Mises lecture, and on the other hand on new approaches for the prediction of fatigue.

Dr. Aldakheel has succeeded in publishing his research work in a large number of scientific articles. Thus, he has been able to publish 24 peer-reviewed papers in top-tier international journals so far. In 2020, he has submitted another 6 papers which are currently under review. His h-index is listed as 19 in Google Scholar and 16 in Scopus, which is very high for the period of 5 years after finishing his PhD. This represents an extremely remarkable achievement for a scientist of his background and age.

Dr. Aldakheel has outstanding technical qualities and is an enthusiastic scientist who is open to new ideas and then pursues them rigorously. His work is highly innovative, of excellent quality, and resonates widely in both, continuum mechanics and computational mechanics.

Prof. Dr.-Ing. Peter Wriggers

# RICHARD-VON-MISES-PRIZE 2020/2021

## DR. THOMAS BERGER

I was very pleased when I heard that Thomas Berger is one of the 2021 recipients of the Richard-von-Mises prize. It is a pleasure for me to give the laudatory speech.

I have known Thomas since the winter semester 2005/06, 15 years ago, when he took up his study of mathematics at the Technical University Ilmenau.

Within 8 years, until 2013, Thomas did the Bachelor, Master, and PhD degree with me. This was a remarkably short period even though he took almost every maths course offered by our small institute.

I still remember: it was a pleasure to supervise him. Thomas was always a very inquisitive student, and a typical attitude of his was, when we discussed something, "yes, I understand, I do it myself", and off he went and wrote it up. He worked very independently.

I will briefly explain what Thomas's field is about: It is control theory of DAEs - differential algebraic equations. The latter is a conjunction between ODEs and algebraic equations. Control theory of systems described by DAEs involves a delicate balance of disparate aspects: There is a real world application at the one end, the corresponding mathematics at the other end, and in between you have the concept of a controller. Thomas brings all this together:

Spontaneity to invent the control scheme, analytical understanding of the application, and sound knowledge of the mathematics needed to prove feasibility of the controller.

These are his strengths, which he had developed by the end of his PhD study in Ilmenau. He has widely-recognised expertise and broad knowledge in control theory for DAEs.

His PhD thesis forms the basis of a book we are currently writing up in a team of four.

The second phase of his career was a 5 years period at Hamburg. Thomas was lucky when he got a post doc position with Timo Reis at the University of Hamburg. Timo's background is in DAEs and infinite dimensional systems, and Timo got interested in funnel control, a field in which Thomas was already proficient in Ilmenau. Thomas and Timo became a very productive team. They proposed and developed a funnel control scheme for a large class of systems, which has a high citation index, and they started a fruitful interdisciplinary collaboration with Robert Seifried, a colleague from engineering at the Technical University of Hamburg.



Summarizing, Thomas made a big step forward in his 5 Hamburg years: he broadened his mathematical knowledge, encompassing PDE-theory, and investigated funnel control in the context of many different applications, such as multibody systems and autonomous driving, to name but two.

The third and current phase of Thomas's career is a W1 position, an assistant professorship, at the University of Paderborn which he took up in 2019.

He has more than 35 journal publications, a large number at his age in our community, in the top journals of mathematical systems theory. Moreover, and what I consider important to mention, Thomas takes his duty as a PhD supervisor very seriously. And he is already very successful in this respect.

The latest news is a joint project with a company, which seeks to show feasibility of funnel control in conjunction with model predictive control for magnetic levitation systems. This looks very promising.

To close the laudatory, Thomas has thoroughly deserved the Richard-von-Mises prize.

Keep it up Thomas and all the best for your academic and personal future!

Prof. Dr. Achim Ilchmann

## DR.-ING. SILVIA BUDDAY

Silvia Budday completed her M.Sc. at KIT as a mechanical engineer in 2013 and was awarded the Irene-Rosenberg Prize as best female graduate. Silvia Budday completed her doctorate at FAU in December 2017 with a dissertation on 'The Role of Mechanics during Brain Development' with distinction after only four years. In 2014 (already in the first year after her M.Sc.) her first two peer-reviewed publications in international journals were published as first author, until 2017 fourteen further publications in high-ranking journals as first author or co-author followed. By the end of her doctorate in December 2017, she had already published sixteen important papers.

She has already been awarded the highly respected Bertha Benz Prize of the Daimler and Benz Foundation, the Best PhD Award of the European Community on Computational Methods in Applied Sciences (ECCOMAS), the Best PhD Award of the German Association for Computational Mechanics (GACM), the Acta Journal Student Award in 2018, and the DFG Heinz Maier-Leibnitz Award in 2021.

Particularly impressive are the numerous international (Stanford University, Notre Dame University, Graz University of Technology) and interdisciplinary collaborations of Silvia Budday with colleagues from biomechanics, material sciences and medicine.

It is likewise impressive that the scientific achievements of Silvia Budday have already been recognized by various Emerging Talent and Emerging Fields grants from FAU and especially by the approval of a prestigious DFG Emmy Noether project. In addition, Silvia Budday is also a member of the program committee of a priority program on biomechanical modelling of active biological systems established by the DFG.

Furthermore, in 2020 the scientific achievements of Silvia Budday were recognized by the first-time award of the prestigious status of a junior research group leader at FAU's Faculty of Technology. To underline her independence, the Faculty of Technology has also granted her the right to supervise and promote the doctoral students she oversees.

Dr. Silvia Budday is active in various scientific committees. In March 2019, she was elected deputy chair of the Computational Biomechanics expert committee of GAMM, she is deputy women's representative of the FAU Faculty of Technology and recently became part of the editorial board of the international journal *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*.

The scientific work of Silvia Budday deals with nonlinear continuum mechanical modelling and simulation of (especially human) brain tissue. In particular, the focus is on the prediction of brain wrinkling during the early developmental stages. The high social relevance of this topic results, among other things, from the observation that typical wrinkle patterns of brains clearly correlate with clinical findings on pathological brain dysfunction.

However, the mechanics of brain tissue is extremely challenging due to its extraordinary flexibility and the yet largely unexplained relationship between the microstructure (cells, axons, etc.) and the macroscopic material behaviour. Therefore, the experimental determination of the mechani-

cal properties of brain tissue pursued by Silvia Budday as well as the sophisticated numerical analysis of selected benchmark problems from this topic area are of outstanding and central importance for many aspects of brain research.

One of Silvia Budday's great merits is to have made the ultra-soft material class of brain tissue accessible to continuum mechanical modelling and numerical simulation in a very clear and comprehensible, yet at the same time experimentally and mathematically rigorous way. Due to its challenging properties, this class of materials is very demanding in terms of experimental characterization and thus often difficult for material modellers to identify. Dr. Budday's holistic approach combining experiments, modelling and simulation is not only extremely useful and profitable in the field of brain mechanics, but is also important for other fields of application. Also, the recent, urgently needed work on the relationship between the microstructure of brain tissue and the resulting macroscopic mechanical material behaviour has already received a great deal of attention from experts. Dr. Budday also uses this methodological approach in a targeted manner to identify substitute materials for soft tissue, e.g. hydrogels, which have similar mechanical properties to the native tissue. Thus, she can also make an important contribution in the field of tissue engineering.

To date, Silvia Budday can already present about 30 peer-reviewed scientific publications in very prestigious, high-ranking international journals (*Phys. Rev. Lett.*, *J. Mech. Phys. Solids*, *Acta Biomater.*, *Front. Cell. Neurosci.*, *Sci. Rep.*, *Arch. Comput. Methods Eng.*, etc) and multiple scientific lectures, partly invited, on the topics outlined above.

Her publications are an international reference for modelling the mechanical behaviour of brain tissue. This assessment is undoubtedly underlined by the H-index of 16 (SCOPUS, 03/21), which is impressive for her scientific age. Also impressive is Silvia Budday's ability to work out and take into account the clinical relevance of these interdisciplinary and challenging relationships. Her meticulous work on the modelling of brain tissue in comparison with experimental findings is therefore of utmost importance for both biomechanics and neuromedicine. Through Silvia Budday's work, the methods of applied mathematics and mechanics are also recognised and appreciated by neuroscientists and clinical researchers. This is particularly evident in the fact that Dr. Budday has been invited repeatedly to speak at symposia at neuroscience conferences.

Taken together, in recognition of her outstanding scientific achievements in every respect and her impressive and engaging personality, the Richard von Mises award for Silvia Budday is highly justified.



Prof. Dr.-Ing. habil. Paul Steinmann

## AUFRUF · CALL

**Für die Jahrestagung 2023 in Dresden,  
06. – 10. März,  
veranstaltet die GAMM einen  
Wettbewerb zur Einreichung von**

**For its Annual Meeting 2023 in Dresden,  
March 6 - 10,  
GAMM is arranging a Competition for  
Submission of**

## NACHWUCHS- MINISYMPOSIEN

## YOUNG RESEARCHERS MINISYMPOSIA

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

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

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

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

### Zeitplan:

#### **bis 31. Dezember 2021**

Einreichung von Vorschlägen per e-mail (plain ASCII) an die Geschäftsstelle: [gamm@mailbox.tu-dresden.de](mailto: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.

#### **06. - 10. März 2023**

Durchführung der ausgewählten Minisymposien.

### Schedule:

#### **until December 31, 2021**

Submission of proposals by e-mail (plain ASCII) to the GAMM office: [gamm@mailbox.tu-dresden.de](mailto:gamm@mailbox.tu-dresden.de)

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

#### **March 6 - 10, 2023**

Carrying out the nominated minisymposia.

## AUFRUF · CALL

## WAHLEN ZUM VORSTANDSRAT

Aufruf des Präsidenten  
mit Bitte um Wahlvorschläge zur Vorstandswahl 2022

**Wahlvorschläge**

Wahlvorschläge können bei der Geschäftsstelle der GAMM per E-Mail unter [GAMM@mailbox.tu-dresden.de](mailto:GAMM@mailbox.tu-dresden.de) eingereicht werden.

Vorschlagsberechtigt sind persönliche Mitglieder der GAMM sowie korporative Mitglieder.

Die folgenden Ämter des GAMM-Vorstandsrats sind 2022 zu wählen. Die Amtszeiten werden zum 01.01.2023 beginnen.

**Mitglieder des Vorstands**

Prof. J. Schröder (Präsident), Duisburg-Essen, Amtszeit bis 2022, nicht wieder wählbar

Prof. H. Faßbender (Vizepräsidentin), Braunschweig, Numerische Mathematik, Amtszeit bis 2022, nicht wieder wählbar  
(Amt wird satzungsgemäß durch den ausscheidenden Präsidenten besetzt)

Prof. R. Müller (Vizesekretär), Kaiserslautern, Festkörpermechanik, Amtszeit bis 2022, wieder wählbar

Vorstandsmitglied für das Ressort wissenschaftlicher Nachwuchs, Neuwahl

**Mitglieder des Vorstandsrates**

Prof. H. Abels, Regensburg, Mathematik, 2. Amtszeit bis 2022, nicht wieder wählbar

Prof. G. Hofstetter, Innsbruck, Mechanik der Werkstoffe und Strukturen, 1. Amtszeit bis 2022, wieder wählbar

Prof. J. Sesterhenn, Bayreuth, Strömungsmechanik, 1. Amtszeit bis 2022, wieder wählbar

Prof. B. Kaltenbacher, Klagenfurt, Mathematik, 2. Amtszeit bis 2022, nicht wieder wählbar

Prof. A. Klawonn, Köln, Mathematik, 2. Amtszeit bis 2022, nicht wieder wählbar

Prof. O. Ernst, Chemnitz, Mathematik, 1. Amtszeit bis 2022, wieder wählbar

Die Quorenregelung der Wahlordnung verlangt, dass der/die PräsidentIn von mindestens 25 Mitgliedern, der Vizesekretär von mindestens 10 Mitgliedern und die zu wählenden Mitglieder des Vorstandsrats von mindestens 5 Mitgliedern schriftlich für die Nominierung unterstützt werden. Wahlvorschläge und Unterstützungserklärungen, auch für eine Wiederwahl, müssen spätestens acht Wochen vor der Mitgliederversammlung, also bis zum **22.06.2022**, bei der Geschäftsstelle eintreffen.

**Vorstandswahl 2022**

Die Stimmabgabe zur Vorstandswahl erfolgt entweder mittels Urnenwahl im Rahmen der Mitgliederversammlung der Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik e.V. in Aachen am Mittwoch, den 17.08.2022, 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 Aachen teilzunehmen und sich an der Wahl zu beteiligen. Die elektronische Stimmabgabe ist in dem Zeitraum vom 13.07.2022 bis 10.08.2022 über die Internetseite der GAMM möglich.

Jörg Schröder, Präsident

**Mitglieder der Wahlkommission für die Vorstandswahlen 2022**

Vorsitzende: H. Faßbender, Braunschweig, Vizepräsidentin

Gewählte Mitglieder: B. Kaltenbacher, Klagenfurt  
S. Leyendecker, Erlangen  
H. Abels, Regensburg  
R. Seifried, Hamburg

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

**Vizepräsidentin:** **Prof. Heike Faßbender**  
 Technische Universität Braunschweig,  
 Institut für Numerische Mathematik  
 Universitätsplatz 2,  
 38106 Braunschweig

**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

**Schatzmeisterin:** **Prof. Andrea Walther**  
 Humboldt-Universität zu Berlin, Unter  
 den Linden 6, 10099 Berlin

### Weitere Mitglieder des Vorstandsrates

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

**PD Olga Shishkina**  
 Max Planck Institute for Dynamics and Self-Organization  
 Am Fassberg 17  
 37077 Goettingen

**Prof. Günter Hofstetter**  
 Universität Innsbruck, Institut für Grundlagen der  
 Technischen Wissenschaften,  
 Technikerstraße 13,  
 6020 Innsbruck, Österreich

**Prof. Jörn Sesterhenn**  
 Universität Bayreuth,  
 Fakultät für Ingenieurwissenschaften,  
 Universitätsstraße 30,  
 95447 Bayreuth

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

**Prof. Axel Klawonn**  
 Universität zu Köln,  
 Department Mathematik/Informatik,  
 Weyertal 86-90, 50931 Köln

**Prof. Benjamin Stamm**  
 RWTH Aachen University  
 Mathematics  
 Schinkelstr. 2, 52062 Aachen

**Prof. Tim Ricken**  
 Universität Stuttgart,  
 Institut für Statik und Dynamik der Luft- und  
 Raumfahrtkonstruktionen,  
 Pfaffenwaldring 27, 70569 Stuttgart

**Prof. Oliver Ernst**  
 Technische Universität Chemnitz,  
 Fakultät für Mathematik,  
 Reichenhainer Str. 41,  
 09126 Chemnitz

**Prof. Kerstin Weinberg**  
 Universität Siegen  
 Maschinenbau  
 Paul-Bonartz-Str. 9-11, 57076 Siegen

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

**Prof. Roland Herzog**  
 Technische Universität Chemnitz,  
 Numerische Mathematik,  
 Reichenhainer Straße 41, 09126 Chemnitz

### Beratende Mitglieder des Vorstandsrates

**Prof. em. Dr. Götz Alefeld**  
 Karlsruher Institut für Technologie, Fakultät f. Mathematik,  
 Institut f. Angewandte Mathematik, Postfach 6980, 76049  
 Karlsruhe

**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

### Kassenprüfer

**Prof. Michael Beitelschmidt**  
 Technische Universität Dresden,  
 Fakultät Maschinenwesen,  
 Marschnerstraße 30, 01307 Dresden

**Prof. Stefan Neukamm**  
 Technische Universität Dresden,  
 Institut für Wissenschaftliches Rechnen,  
 Zellescher Weg 12-14, 01069 Dresden

## 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.-Ing. Wolfgang Wendland (2019)

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

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

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

Prof. Dr.-Ing. Erwin Stein (2011)  
† 19. Dezember 2018

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

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Zierrep (1999)  
† 29. Juli 2021

Prof. Dr.-Ing. Oskar Mahrenholtz (1997)  
† 6. April 2020

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

**PERSONALIA**

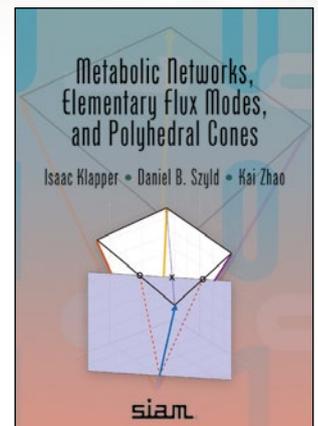
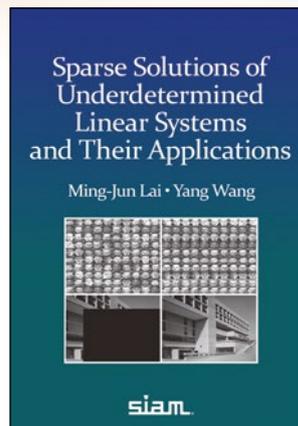
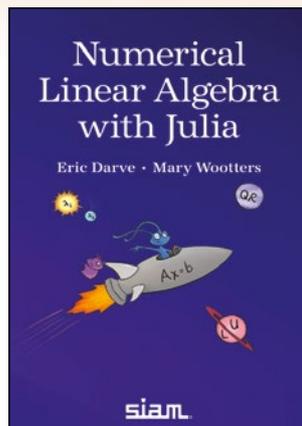
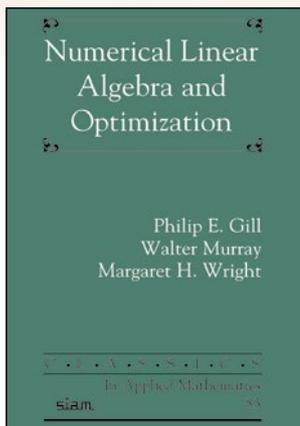
Todesfälle, wir gedenken:

Prof. Dr. Wolfgang Bühring, Heidelberg  
Dr. Karl-Heinz Schlosser, Dortmund  
Prof. Dr.-Ing. Volker Ulbricht, Dresden

Dr.-Ing. Dieter Ammon, Remseck-Aldingen  
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Zierrep, Karlsruhe  
Dr. Peter Günter Seifert, Dresden  
Prof. Dr. Hubert Günther, Chemnitz  
Prof. Dr. Hans Wengle, Neubiberg  
Prof. Ph.D. Andreas Griewank, Berlin

# Rundbrief Readers

Save up to 30% on these titles & more!



## Numerical Linear Algebra and Optimization

Philip E. Gill, Walter Murray, and Margaret H. Wright

This classic volume covers the fundamentals of two closely related topics: linear systems (linear equations and least-squares) and linear programming (optimizing a linear function subject to linear constraints). For each problem class, stable and efficient numerical algorithms intended for a finite-precision environment are derived and analyzed. While linear algebra and optimization have made huge advances since this book first appeared in 1991, the fundamental principles have not changed. These topics were rarely taught with a unified perspective, and, somewhat surprisingly, this remains true 30 years later. As a result, some of the material in this book can be difficult to find elsewhere.

2021 · xvii + 426 pages · Softcover · 978-1-611976-56-4  
List \$89.00 · SIAM Members \$62.30 · Rundbrief Readers \$71.20 · CL83

## Numerical Linear Algebra with Julia

Eric Darve and Mary Wootters

*Numerical Linear Algebra with Julia* provides in-depth coverage of fundamental topics in numerical linear algebra, including how to solve dense and sparse linear systems, compute QR factorizations, compute the eigendecomposition of a matrix, and solve linear systems using iterative methods such as conjugate gradient. Julia code is provided to illustrate concepts and allow readers to explore methods on their own. Written in a friendly and approachable style, the book contains detailed descriptions of algorithms along with illustrations and graphics that emphasize core concepts and demonstrate the algorithms.

2021 · xii + 410 pages · Softcover · 978-1-611976-54-0  
List \$89.00 · SIAM Members \$62.30 · Rundbrief Readers \$71.20 · OT172

## Sparse Solutions of Underdetermined Linear Systems and Their Applications

Ming-Jun Lai and Yang Wang

This textbook presents a special solution to underdetermined linear systems where the number of nonzero entries in the solution is very small compared to the total number of entries. This is called a sparse solution. Since underdetermined linear systems can be very different, the authors explain how to compute a sparse solution using many approaches. The book contains 64 algorithms for finding sparse solutions of underdetermined linear systems and their applications for matrix completion, graph clustering, and phase retrieval, and provides a detailed explanation of these algorithms including derivations and convergence analysis. Exercises for each chapter help readers understand the material.

2021 · xviii + 439 pages · Softcover · 978-1-611976-50-2  
List \$89.00 · SIAM Members \$62.30 · Rundbrief Readers \$71.20 · OT170

## Metabolic Networks, Elementary Flux Modes, and Polyhedral Cones

Isaac Klapper, Daniel B. Szyld, and Kai Zhao

This book presents a mathematical analysis of the relationship between the cell biology idea of metabolic networks and the mathematical idea of polyhedral cones, which have become important constructs in the field of microbiology. Fundamental objects called elementary flux modes (EFMs) can be described mathematically via convex cone concepts; the fundamental algorithm of this relationship is the Double Description method. While this method has an extended history in the field of computational geometry, this monograph addresses its relatively recent use in the context of cellular metabolism, providing an easy-to-read introduction to a central topic of mathematical systems biology.

2021 · viii + 122 pages · Softcover · 978-1-611976-52-6  
List \$60.00 · SIAM Members \$42.00 · Rundbrief Readers \$48.00 · OT171

**siam** | Society for Industrial and Applied Mathematics  
**BOOKSTORE**

To order, visit [bookstore.siam.org](http://bookstore.siam.org)

Use coupon code **BKGM21** to receive **20%** off all books in the SIAM bookstore. SIAM members automatically receive **30% off**. Members and customers outside North and South America can order at [eurospanbookstore.com/siam](http://eurospanbookstore.com/siam) and save on shipping.